



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
SISTEMAS

APLICACIÓN DE REDES NEURONALES PARA DETERMINAR EL
PRONÓSTICO DE LAS VENTAS EN LA EMPRESA CATERING &
BUFFETS MyS UBICADA EN LA CIUDAD DE PIURA

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE SISTEMAS**

AUTOR

Malaver Elera, Manuel Alexander

ASESOR

Ing. Quito Rodríguez, Carmen Zulema

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Sistemas de Información Estratégico y Toma de Decisiones

PIURA – PERU

2015

PÁGINA DEL JURADO

.....

Ing. Elmer Alfredo Chunga Zapata
Presidente

.....

Mg. Máximo Javier Zevallos Vílchez
Secretario

.....

Ing. Jaime Leandro Madrid Casariego
Vocal

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a Dios, y a toda mi familia materna que siempre han estado apoyándome y orando por mi bienestar, pero en especial se lo dedico a mi mamá, pues gracias a su esfuerzo en salir adelante día a día es que he culminado con éxito mi carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todas esas personas que de una forma directa e indirectamente me han apoyado para poder realizar con éxito esta investigación, y a mi familia quienes con su apoyo y el: “No te rindas, tú puedes, eres inteligente”, he podido culminar este trabajo de investigación

A las personas de Catering & Buffets MyS, quienes me facilitaron sus datos históricos para que se pueda realizar con éxito esta investigación.

A la Ing. Carmen Quito por todo su apoyo y orientación en la elaboración de esta tesis, siempre tuvo un minuto para poder sacarnos de dudas en el proceso de elaboración de la tesis.

¡Muchas Gracias!

Declaratoria de Autenticidad

Yo, Manuel Alexander Malaver Elera con DNI N° 70874086, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo

Manuel Alexander Malaver Elera
DNI: 70874086

PRESENTACION

Señores miembros del jurado, ante ustedes les presento la tesis titulada “Aplicación de redes neuronales para determinar el pronóstico de las ventas en la empresa Catering & Buffets MyS ubicada en la ciudad de Piura”, la misma que someto a su consideración y que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título de Ingeniero de Sistemas. Esta tesis posee los siguientes capítulos:

En el primer capítulo se encuentra la realidad problemática que se ha observado para la investigación y el por qué se escogió el tema de redes neuronales para realizar el pronóstico de las ventas, acompañada de las teorías que estén relacionados con el tema y los trabajos previos, planteándose los objetivos e hipótesis de la investigación.

En el segundo capítulo se encuentra las variables e indicadores que se han planteado para realizar la investigación.

En el tercer capítulo están los resultados que se han obtenido al momento de comparar los porcentajes de error que salieron resultantes de las tres configuraciones de red neuronal que se han planteado.

En el cuarto capítulo se encuentran las discusiones de los resultados con la teoría y los antecedentes planteados en la investigación.

En el quinto capítulo están las conclusiones que se han obtenido de la investigación planteada.

En el sexto capítulo se encuentran las recomendaciones que se plantean para realizar diferentes trabajos a futuro.

En el séptimo capítulo se encuentra la metodología que se ha utilizado para realizar el modelamiento de la red neuronal para determinar el pronóstico de las ventas.

A continuación se presenta toda la información que se ha recopilado para realizar el trabajo de investigación propuesto.

INDICE

PÁGINA DEL JURADO	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	5
PRESENTACION	6
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I.INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática	11
1.2. Trabajos previos	13
1.3. Teorías relacionadas al tema	15
1.4. Formulación del problema	23
1.5. Justificación del estudio	23
1.6. Hipótesis	24
1.7. Objetivos	24
II.MÉTODO	25
2.1. Diseño de investigación	25
2.2. Variables, operacionalización	25
2.3. Población y muestra	28
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	28
2.5. Métodos de análisis de datos	28
2.6. Aspectos éticos	28
III.RESULTADOS	29
IV.DISCUSIÓN	34
V.CONCLUSION	37
VI.RECOMENDACIONES	38

VII.PROPUESTA	39
VIII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXOS	50

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Métodos para analizar el error.	22
Tabla N° 02: Cuadro de operacionalización de variables.	27
Tabla N° 03: Valores máximos de las ventas.....	29
Tabla N° 04: Primera configuración red neuronal.	30
Tabla N° 05: Segunda configuración red neuronal.	31
Tabla N° 06: Tercera configuración red neuronal.	32
Tabla N° 07: Resultado de los análisis de errores.	32
Tabla N° 08: Matriz de Consistencia.	52
Tabla N° 09: Definición de variables de entrada del modelo.	54
Tabla N° 10: Ventas históricas de la empresa.	62
Tabla N° 11: Ventas normalizadas.	63
Tabla N° 12: Ventas pronosticadas y señal de rastreo.	64

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Fórmula de los datos de entrada a la capa oculta.	18
Figura N° 02: Fórmula de los datos de la capa oculta a la de salida.	18
Figura N° 03: Fórmula para la normalización de los datos	22
Figura N° 04: Ventas reales VS pronóstico de las ventas (error 1%).	33
Figura N° 05: Diagrama de procesos de la metodología para redes neuronales.	39
Figura N° 06: Función sigmoideal.	42
Figura N° 07: Topología de la red neuronal.	43
Figura N° 08: Ventas Pronosticadas VS Ventas Reales (Año 2015).	44
Figura N° 09: Ventas reales VS ventas pronosticadas (error 14%).	65
Figura N° 10: Ventas reales VS ventas pronosticadas (error 11%).	65

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar el pronóstico de las ventas de los servicios que ofrece Catering & Buffets MyS con el menor porcentaje de error al aplicar las redes neuronales. Esto se logró gracias a la metodología que planteó Kaastra y Boyd, donde se encuentra una serie de pasos para poder modelar desde cero la red neuronal para obtener el pronóstico.

El tipo de red neuronal que se seleccionó fueron las redes neuronales multicapas, puesto que, poseen una capa oculta donde se realiza todo el procesamiento de los datos que la capa de entrada le suministra y cuyo resultado es enviada a la capa de salida.

Se realizaron tres diferentes configuraciones de red neuronal para hallar el más mínimo error, siendo la tercera red neuronal planteada, la más adecuada por presentar el menor porcentaje de error (1%), con lo que se logró comprobar la hipótesis planteada.

Como conclusión a esta investigación, se comprobó que las redes multicapas son las más adecuadas para realizar los pronósticos de las ventas, y que la herramienta de red neuronal son precisas para este tipo de aplicación.

Palabras clave: red neuronal, pronóstico de ventas, redes multicapas.

ABSTRACT

The present investigation takes as a principal target to determine the prognosis of the selling of the services that Catering and Buffets MyS offers with the minor percentage of error on having applied the networks neuronal. This was achieved thanks to the methodology that Kaastra and Boyd raised, where one finds a series of steps to be able to shape from zero the network neuronal to obtain the prognosis.

The type of network neuronal that was selected they were the networks neuronal multilayers, since, they possess a secret layer where it realizes the whole prosecution of the information that the layer of entry gives him and whose result is sent to the layer of exit.

Three different configurations of network were realized neuronal to find the most minimal error, being the third network neuronal raised most adapted for presenting the minor percentage of error (1 %), with what one managed to verify the raised hypothesis.

As conclusion to this investigation, it was proved that you multilayer networks they are most adapted to realize the prognoses of the selling, and that the tool of network neuronal is precise for this type of application.

Keywords: neuronal network, prognosis of selling, multilayer networks.

I. Introducción

1.1. Realidad Problemática

Actualmente, las pequeñas y medianas empresas (Pymes) tienen un papel protagónico en la economía peruana, representan el 99.5% del total de empresas del país, siendo responsables del 49% de la producción y del PBI nacional. Según estadísticas de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHOG) son *“las pymes las que concentran el 60% de los empleos totales, siendo la mediana empresa la que más empleos genera: 53% de la PEA (población económicamente activa) ocupada a nivel nacional, el restante 7%, pertenece a la pequeña empresa”*.

Con el avance de la tecnología, dichas empresas hacen uso de ello para seguir creciendo económicamente, la existencia de varios sistemas logran que todos los procesos de la organización se automatice, por ejemplo, la adquisición de una simple aplicación que logre realizar una venta (ya sea desarrollada vía web, desktop o móvil) a un complicado sistema experto relacionado con el mundo empresarial utilizando Inteligencia Artificial (IA). Esta disciplina es aquella que sintetiza y automatiza tareas intelectuales para cualquier ámbito de la actividad intelectual humana (Russell y Norvig, 2004).

Sin embargo, con el paso del tiempo, la IA ha creado una gran controversia por conocer cuáles serían sus límites, tal es el caso de Dreyfus (1992) el cual señala *“que los grandes artistas siempre han sentido la verdad y que la base de la inteligencia humana no puede ser aislada y entendida explícitamente”*. Otro autor, Michie (1995), contradice al anterior manifestando que *“lo mejor que nos puede pasar es dejar a los filósofos en su cuarto oscuro y seguir adelante con el uso de la computadora utilizando nuestra creatividad en abundancia”*.

Dentro de toda esa gama de modelos que contiene la Inteligencia Artificial, se encuentra una que *“emula el proceso de aprendizaje e intentan reproducir el comportamiento del cerebro humano: Las Redes Neuronales Artificiales”* (Hilera y Martínez, 1995). Arredondo Vidal (2012) las define como *“un modelo basado en los complejos sistemas nerviosos de los animales y seres humanos con su gran cantidad de interconexiones y paralelismo. Los comportamientos que poseen son una propiedad emergente del gran número de unidades, no un resultado de reglas simbólicas o algoritmos”*.

Este tipo de sistemas puede ser aplicado, según Zilouchian (2001), para *“el reconocimiento de patrones de voz e imágenes, para encontrar patrones de fraude económico, para realizar modelos matemáticos precisos, para hacer predicciones en el mercado financiero, etc.”*. Un claro ejemplo es el desarrollado por Jim Gao (ingeniero de Google), basado en redes neuronales, el cual consiste en predecir correctamente la eficiencia energética de sus centros de datos a una precisión del 99.6%, teniendo como resultado, el buen funcionamiento de ellos ahorrando una gran cantidad de energía.

En una de las tantas aplicaciones que posee las redes neuronales se encuentra el pronóstico de las ventas, el cual, según Stanton, Etzel y Walker (2004) nos mencionan que *“son la base para decidir cuánto gastar en diversas actividades como publicidad y ventas personales”*.

Cuando se habla de pronósticos, se refiere a predecir ciertos valores que pueden favorecer a una empresa en su producción. Inicialmente, dichos pronósticos lo realizaban personas expertas sobre resultados plasmados en reportes que ellos mismos elaboraban, para luego comenzar a utilizar métodos estadísticos. Debido a la limitación que ofrecían estos modelos, se empezó a utilizar por primera vez las redes neuronales en 1964 para pronosticar el clima. Otro ejemplo es el desarrollado por la escuela de Postgrado de la Universidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Ciencias Sociales y Administrativas (México) para realizar un pronóstico de las ventas de un laboratorio farmacéutico.

En base a eso, la empresa Catering & Buffets MyS, mediante sus datos históricos, desea conocer cuáles serán las ganancias que obtendrán al momento de realizar una venta de sus servicios, dentro de los cuales se encuentra los matrimonios, aniversarios, fiesta de promoción, quinceañero, bautizo, almuerzos corporativos, etc. Con el apoyo de las redes neuronales, se busca determinar las ganancias obtenidas según el número de ventas pronosticadas de manera anual o mensual, dado que en la actualidad, existen varios servicios de catering en la ciudad de Piura, y que gracias a la aplicación de dicha herramienta computacional, contribuirá a que la empresa tome medidas de precaución cuando el mercado esté bajo. Cabe destacar que el pronóstico de las ventas se realiza dentro de la empresa, pero de una forma poco convencional.

1.2. Trabajos previos

A continuación se detallan algunas tesis cuyo tema de investigación está relacionado al pronóstico, en diferentes ámbitos, utilizando redes neuronales artificiales bajo el modelo del Perceptrón Multicapa:

Como primer trabajo se encuentra la investigación titulada *“Sistema de pronóstico de la demanda de productos farmacéuticos basado en redes neuronales”* realizada por Eybi Gil Zavaleta y Enith Rodríguez Collas (2010), cuyo objetivo principal es el de *“diseñar e implementar un sistema de pronóstico de la demanda de productos farmacéuticos más adecuado mediante el uso de la técnica de Redes Neuronales Artificiales para la obtención de la menor tasa de error entre la demanda real y la demanda pronosticada”*. Esta investigación consiste en la elaboración de un sistema bajo el lenguaje JAVA, para lograr el pronóstico de la cantidad demandada de productos farmacéuticos adquiridos por la empresa, siendo la población de 51 ventas históricas. Los autores propusieron ocho diferentes tipos de configuraciones de redes neuronales, con los cuales optaron por aquella que obtuvo 3% de error, constituida por una capa de entrada, tres capas ocultas (cada uno poseía 5 neuronas) y una capa de salida. Como conclusión principal es la importancia que tiene para las organizaciones la correcta previsión de la demanda, presentando a la empresa un modelo mucho más complejo y exacto con respecto a los ya existentes.

A continuación, se hace mención a la investigación titulada *“Aplicación de redes neuronales artificiales a la predicción y control de demanda de energía eléctrica en empresas industriales”* desarrollado por el Ing. Juan Manuel Ojeda Sarmiento (2009) y cuyo objetivo principal es el de *“mejorar la actual gestión de demanda de energía eléctrica de la empresa, buscando reducir la facturación mensual, mediante un programa de control de demanda que integre un modelo predictivo basado en redes neuronales, así como un modelo de control de demanda con los parámetros y métodos matemáticos adecuados”*. En la investigación, el autor encontró en la empresa Southern Perú un gran problema, puesto que, se habían presentado altos costos de energía eléctrica generando grandes picos que sobrepasan la demanda máxima, reflejando altos montos en su facturación mensual, esto se realizó debido a la ausencia de planificación y a la falta de herramientas de gestión. Para solucionar el problema, el autor elaboró un

programa de control de demanda para reducir la facturación mensual, constituido por un modelo predictivo basado en redes neuronales artificiales, con la arquitectura (entradas, capas, número de neuronas y salidas), funciones de activación y patrones de entrada, logrando minimizar el error de pronóstico a un 3%. Dicha investigación se desarrolló en cuatro etapas: la primera se recopiló y se seleccionó la información a través de cuestionarios para luego ser procesados con el programa SPSS y Excel, luego se comenzó a tratar la información en base a consultas bibliográficas y asesoramientos, para a continuación, elaborar y validar el modelo predictivo basado en redes neuronales evaluando su precisión, comparando los resultados del modelo con los valores reales del periodo de estudio, y por último se desarrolló el programa de control de demanda con el método matemático y parámetros adecuados. Como conclusión se rescata que gracias al programa de control que se desarrolló, se evitó la formación de picos no deseados y se permitió el mejoramiento de la gestión de la demanda.

Como último antecedente se encuentra la investigación titulada *“Modelo de RNA para predecir la morosidad de microcrédito en la Banca Estatal Peruana”* desarrollado por Luis Esteban Palacios Quichiz (2012), siendo el objetivo principal el *“determinar un modelo apropiado para predecir la morosidad de los clientes en un futuro servicio de Microcrédito en el Banco de la Nación”*. La problemática que se narra en la investigación, es la ardua labor que tienen los directivos del Banco de la Nación frente a los problemas sociales y económicos para ampliar su cobertura a todo el territorio nacional, lo cual les conviene un aumento radical de su competencia tecnológica para adoptar decisiones óptimas, es allí donde el autor presentó una propuesta sobre un nuevo servicio de Microcrédito, el cual consistió en predecir la morosidad de los clientes del banco planteando un modelo basado en redes neuronales artificiales (RNA) utilizando la metodología de minería de datos. Para la elaboración de esta técnica computacional, el autor utilizó una muestra de 200 clientes, siendo la topología de la red neuronal constituida por 11 capas de entrada, 7 capas ocultas y una capa de salida, logrando un porcentaje de error comprendido entre 1% y 3%. Como conclusión final, el Banco de la Nación ha demostrado que, dentro del margen de 95% de confianza estadística, es preferible emplear el método de cómputo de la red neuronal en lugar de los métodos convencionales para la predicción de morosidad

para el nuevo servicio de Microcrédito, por ser mejor predictor del comportamiento de pagos futuros de los clientes.

1.3. Teorías relacionadas al tema

Cuando se hace mención de las redes neuronales, se tiene presente el concepto de Inteligencia Artificial, puesto que son temas que van de la mano y dentro del cual existe una infinidad de conceptos, pero el más resaltante es lo dicho por la Encyclopedia of Artificial Intelligence (Rabuñal Dopico y otros, 2009), donde los define como “un campo de la ciencia y la ingeniería desde el punto de vista informático, de lo que denomina comúnmente comportamiento inteligente. También se ocupa de la creación de artefactos que exhiben este comportamiento”.

Dicha ciencia puede ser aplicada a diferentes ámbitos, una de ellas son las redes neuronales, basadas en las neuronas biológicas, donde Colina y Rivas (1998) menciona que son “células nerviosas que constituyen los elementos primordiales del sistema nervioso central, capaces de recibir señales provenientes de otras neuronas, procesarlas y generar pulsos nerviosos para la conducción a otras neuronas”.

Dichas neuronas están formadas por tres partes fundamentales: A). Dendritas: llevan las señales eléctricas al cuerpo de la célula, que se desprende del cuerpo celular o soma. B). Cuerpo celular (soma): aquí se encuentra el núcleo y es por donde se ejecutan todas las transformaciones necesarias para la vida de la neurona. C). Axón: transmite la señal de salida hacia otras neuronas, llegando a medir entre 100mm y un metro.

Al conocer la definición de las neuronas biológicas, se tiene una idea acerca de la funcionalidad de las redes neuronales artificiales, siendo su concepto definido por varios autores, pero el más aceptado es lo mencionado por Robert Hetch – Nielsen, donde define como un “sistema de computación que consta de un gran número de elementos simples, muy interconectados, que procesan la información respondiendo dinámicamente frente a unos estímulos externos”.

Estas redes neuronales poseen las siguientes ventajas: A) Poseen un aprendizaje adaptativo, donde los sistemas son dinámicos y auto adaptativos a nuevas condiciones. B) Auto-organización, consiste en una modificación de la red

neuronal para llevar a cabo un objetivo específico, logrando resolver problemas donde la información de entrada no es muy clara. C) Tolerancia a fallos, la información que se maneja se distribuye por todas las neuronas generando cierto grado de redundancia. D) Las redes neuronales pueden ser entrenadas y trasladadas a cualquier hardware de bajo costo gracias a las diferentes herramientas computacionales que existen hoy en día.

Como toda neurona biológica posee sus elementos, también los tiene la red neuronal, donde Haykin (1999) lo distribuye así: A) Entradas o nodos de entrada: son los valores que se ingresan a la red, de acuerdo al tipo de problema que se está estudiando. B) Salidas o nodos de salida: valores que arroja el modelo de red como un resultado del aprendizaje. C) Peso sináptico: son los valores numéricos que expresan la importancia que corresponde a la entrada de la red. D) Un punto de suma de entradas ponderadas: se realiza una suma de todas las entradas multiplicadas por sus respectivos pesos sinápticos. E) Una función de activación: es aquel que define el rango de salida de toda neurona. F) Sesgo: es aquel valor de entrada fija e igual a 1.

Toda red neuronal posee capas o niveles, siendo las siguientes: a) Capa de entrada: es aquella que recibe directamente la información de las fuentes externas de la red. b) Capa oculta: son internas a la red y no tienen contacto directo con el exterior. El número de niveles de capas ocultas que puede tener una red neuronal se encuentra entre 0 y un número elevado. Cada neurona en su capa oculta puede estar interconectada de diferentes formas, de acuerdo a la topología de red que se escoja. c) Capa de salida: transportan la información de la red hacia el exterior.

Toda red neuronal posee fases, siendo una de ellas la de aprendizaje, el cual consiste en la adaptación de los pesos sinápticos a la información que extrae de los patrones de entrenamientos, logrando que dichos pesos se minimicen o maximicen de acuerdo a alguna función de energía. Y la fase de pruebas, en donde los resultados que brinda la fase anterior pueden ser calculados de una vez o adaptarlos de una forma iterativa, dependiendo del tipo de red neuronal.

Para conocer las diferentes clasificaciones que posee las redes neuronales, citamos a Charytoniuk (2000), donde menciona que las redes neuronales están organizadas según su arquitectura, dentro de los cuales se encuentra: A) Redes

neuronales monocapas, contiene una capa de entrada y otra de salida (cada capa contiene un número de neuronas) interconectadas entre sí. B) Redes neuronales recurrentes, cuya característica sobresaliente es la existencia de lazos de realimentación entre las neuronas de una sola capa o de diferentes capas. C) Las redes multicapa, propuesta por Minsky y Papert (1969) y mejorado por Rumelhart, Hinton y Wilians (1986), la única diferencia con las redes monocapas es la existencia de una capa oculta entre las capas de entrada y salida. También se encuentran según su aprendizaje, el cual pueden ser: A) Supervisado, existe un parámetro para poder comparar los resultados que brinda la capa de salida de la red neuronal. B) No supervisado, no existe un parámetro para poder comparar con la salida de la red, por lo que se usa la auto-organización y la auto-asociación. Y por último, las redes neuronales se encuentran según su aplicación, donde están las redes de clasificación, cuyo uso es del aprendizaje no supervisado para obtener patrones de clasificación a base de la capa de entrada; y las redes de predicción, cuyo objetivo principal es el modelamiento de una función no lineal.

Para lograr un buen diseño de la arquitectura de la red neuronal se sigue una serie de pasos para obtener el número deseado de neuronas y capas (entrada y salida) que va a tener la red, dependiendo del problema por el cual se va a resolver. En el caso de las neuronas y/o capas ocultas, no existe un método o regla que determine el número óptimo de neuronas, es allí donde, la mayoría de los casos se obtiene con la prueba y las tendencias al error hasta conseguir una arquitectura adecuada para el problema a resolver.

Para el entrenamiento de las capas ocultas, existe un método propuesto por Paul Werbos (1974) y reinventado por David Parker (1987) llamada Red Backpropagation, cuyas características son las siguientes: A) Derivación de las funciones de activación, consiste en las funciones sigmoideal y tangente hiperbólica. B) Modos de entrenamiento que puedan poseer para la actualización de los pesos. C) Batch, donde la actualización de los pesos se realiza gracias a la presentación de los ejemplos de entrenamiento que ello constituye.

Una de sus desventajas, es la paralización de la red provocada por el nivel máximo que pueda alcanzar la capa de entrada y la búsqueda anormal del mínimo valor en la superficie del error.

Este método utiliza como entrenamiento a las redes supervisadas, el cual conlleva dos fases: la primera es la llamada propagación hacia adelante, consiste en un valor que se presenta en las capas de entrada a la red; y la fase de propagación hacia atrás, que se inicia cuando se culmina la fase anterior, donde los cálculos de las modificaciones de todos los pesos empiezan por la capa de salida y continua hacia atrás a través de todas las capas de la red hasta llegar hacia la capa de entrada.

Cuando los datos de entrada ingresan a la capa oculta, estas se procesan utilizando la siguiente fórmula:

$$h_{1i} = \partial \left[\sum_{j=1}^m (x_j * Iw_{ji}) - u_{1i} \right]_{i=1...n}$$

Figura N° 01: Fórmula de los datos de entrada a la capa oculta.

Fuente: Introducción a las redes neuronales (Arredondo Vidal, Tomas)

La fórmula es empleada por todos los números de capas ocultas que posee la red neuronal, siendo este resultado trasladado a la capa de salida, donde se emplea la siguiente fórmula:

$$YR_k = \partial \left[\sum_{L=1}^{nn} (h_{1i} * Lww_{LK}) - u_{3k} \right]_{k=1...nnn}$$

Figura N° 02: Fórmula de los datos de la capa oculta a la de salida.

Fuente: Introducción a las redes neuronales (Arredondo Vidal, Tomas)

Dónde:

- ∂ = función de activación.
- Lww_{LK} y Iw_{ji} = peso sináptico.
- u_{1i} = umbral.
- i = número de capas de entrada.
- k = número de capas ocultas.

Las redes neuronales puede ser aplicada a diferentes contextos, siendo las principales: convertir de texto a voz, cuya funcionalidad es cambiar los símbolos gráficos que representan un texto a voz, siendo un claro ejemplo el presentado

por Sejnowski y Rosemberg llamado NetTalk, el cual convierte texto en fonemas y con la ayuda de un sintetizador de voz, llamado Dectalk, genera la voz a partir de un texto escrito. También se encuentra el Procesado Natural del Lenguaje, el cual consiste en estudiar cómo se construyen las reglas del lenguaje. Un claro ejemplo es el sistema hecho por Rumelhart y McClelland, cuyo fin es de aprender el tiempo verbal de los verbos en pasado en el inglés.

Entre todas estas aplicaciones, se encuentran los pronósticos, donde Dorffner (2008), menciona al perceptrón multicapa como el tipo de red neuronal más utilizado y con los mejores resultados para realizar predicciones, siendo Kaastra y Boyd (1996), los que proponen un modelo cuyo procedimiento empieza identificando las variables que se va a trabajar, para luego recopilar toda la información que se necesita en el entrenamiento y dar pruebas en base a los datos obtenidos. Luego se empieza a elegir el número de capas de entrada, ocultas y de salida para diseñar la red. Una vez hecho estos pasos, se procede a elegir cuales son los criterios de evaluación de los resultados que arroja la red neuronal, planificando el aprendizaje de nuestra red, teniendo en cuenta el número de iteraciones y las tasas de aprendizaje (Ver Figura N° 05).

Según Vidal Holguín (2005), existen diferentes tipos de pronósticos, entre los cuales se encuentran: A) Pronósticos cualitativos, se utiliza cuando no existe datos históricos. B) Causales, asumen una alta correlación entre los pronósticos de demanda y ciertos factores externos, como por ejemplo la economía de un país o el crecimiento de la población. C) Simulación, es una combinación entre las estrategias de series de tiempo con los pronósticos causales. D) Series de tiempo, Bowerman y O' Connell (1993) define que son una secuencia cronológica de observaciones de una variable en particular, siendo claros ejemplos las ventas mensuales de una empresa en la última década, el número de automóviles producidos por un año, la temperatura diaria promedio en los últimos 12 meses.

Según Geoffrey (2003), todo pronóstico posee las siguientes características: A) Un buen pronóstico es más que un simple número puesto que está definido bajo un cierto porcentaje de error. B) Todos los pronósticos agregados son más exactos, dado que, todo pronóstico de ventas de una línea completa de productos posee un error mínimo con respecto al pronóstico de ventas de un artículo

individual. C) Los pronósticos no deben usarse para excluir información conocida, puesto que, toda información es útil.

El tipo de pronóstico que se va a utilizar con las redes neuronales son los pronósticos de ventas, donde Porter (1995), menciona que es una estimación o nivel esperado de ellos dentro de una empresa, abarcando un período determinado de tiempo y un mercado específico, basándose en un plan de mercadotecnia expresando sus valores en productos, unidades monetarias (soles, dólares, etc.), y los diferentes clientes que compran un producto o contratan un servicio.

Según Sciarroni y otros (2006), existen tres tipos de pronósticos: A) Corto plazo, se efectúa cada mes y su tiempo de planeación tiene vigencia de un año siendo utilizada para programas de abastecimiento, producción, asignación de mano de obra a las plantillas de trabajadores y planificación de los departamentos de fabricación. B) Mediano plazo, abarca un lapso de seis meses a tres años para estimar planes de ventas, producción, flujos de efectivo y elaboración de presupuestos. C) Largo plazo, cuyo fin se encuentra en la planificación de nuevas inversiones, lanzamiento de nuevos productos y tendencias tecnológicas de materiales, procesos y productos, así como en la preparación de proyectos, teniendo como tiempo de duración tres años o más.

Pero las redes neuronales no son las únicas técnicas utilizadas para realizar un pronóstico (pero sí, las más adecuadas), Geoffrey (2003), realiza la siguiente lista: A) Juicio ejecutivo, se basa en la intuición que poseen los ejecutivos con relación a productos de demanda estable. B) Encuestas para el pronóstico de los clientes, consiste en una serie de preguntas que se le realizan a sus compradores acerca de un producto en específico reflejando más las intenciones de compras. C) Método Delfos (Delphi), consiste en hacer pronósticos iniciales hasta que los expertos contratados puedan llegar a un consenso. D) Análisis de series de tiempo, se basan en los datos históricos de ventas de la empresa para descubrir las tendencias de tipo estacional, cíclico y aleatorio siendo muy efectivo para productos de demanda razonablemente estable. E) Análisis de regresión, tratan de encontrar una relación entre las ventas históricas (variable dependiente) y una o más variables independientes, como la población, el ingreso per cápita o el producto bruto interno (PBI). F) Pruebas de mercado, consiste en la colocación de

un producto en el mercado, a modo de prueba, midiendo las compras y las respuestas del consumidor a diferentes mezclas de mercado.

El pronóstico de las ventas es de vital importancia para los directivos de la empresa porque les permite tomar decisiones de mercadotecnia, producción y flujo de caja, por tanto, debe ser elaborado con sumo cuidado, dejando de lado el optimismo desmedido o la exagerada moderación, porque pueden afectar seriamente a la empresa en su conjunto.

Según Vidal Holguín (2005), todo proceso de pronóstico está ligado al error, puesto que, los resultados anticipan lo que va a pasar en un futuro, y gracias a la existencia de algunos métodos, se puede evaluar el cumplimiento de algunos objetivos de aquel modelo que se haya escogido, siendo los siguientes propuestos por John Hanke (2006): A). Suma Acumulada de Errores de Pronostico (CFE): está representado como el sesgo en el pronóstico, el cual consiste en la suma de la diferencia entre los valores pronósticos con las ventas reales, cuyo resultado si es positivo significa que existe un sesgo (error) en el pronóstico. B). Desviación Absoluta Media (DAM), mide el error global de un modelo de previsión calculándose la suma de todos los errores absolutos de todos los periodos entre el número total de aquellos periodos; mientras el resultado sea menor, mejor es el modelo de previsión que se ha escogido. C). Error Cuadrático Medio (ECM), consiste en la suma de las diferencias entre el valor pronosticado y el real por cada periodo, elevadas al cuadrado, dividiendo el resultado entre el número total de periodos, siendo el valor menor como aquel que indique que la precisión del modelo es mayor. D). Señal de Rastreo (TS), es aquella medida comparada entre los datos reales y los pronosticados, calculándose entre la suma de todos los errores del pronóstico y la DAM, siendo el valor positivo como el indicio que la demanda está por encima del pronóstico, y al contrario, una señal de rastreo negativa indicaría una demanda inferior a la previsión, pero este tiene que ubicarse entre los valores de ± 6 (planteado por el autor). Esta señal, según Render, Stair y Hanna (2012), si son positivas indica que la demanda es mayor que el pronóstico, de lo contrario, significaría que la demanda es menor que el pronóstico. También menciona, que si la señal del rastreo excede el límite superior e inferior, el método de pronóstico no es el más adecuado y quizás sea necesario reevaluar la forma en que se pronostica la

demanda. E). Errores Porcentuales de la media absoluta (PEMA), esta medida es aquella que normaliza el error mediante el cálculo de un error porcentual, permitiendo comparar los errores de pronósticos para distintas series de tiempo.

Descripción	Fórmula
Suma acumulada de errores de pronóstico	$CFE = \sum_{t=1}^n e_t$
Desviación absoluta media	$DAM = \frac{\sum_{t=1}^n e_t }{n}$
Error cuadrático medio	$ECM = \frac{\sum_{t=1}^n e_t^2}{n}$
Señal de rastreo	$TS = \frac{CFE}{DAM}$
Errores porcentuales de la media absoluta	$PEMA = \frac{\sum_{t=1}^n \left \frac{e_t}{D_t} \right }{n}$

Tabla N° 01: Métodos para analizar el error.

Fuente: Elaborado por el autor.

Dónde:

- $D_t \rightarrow$ representa el valor del pronóstico.
- $e_t \rightarrow$ representa el error, cuyo valor resulta en la diferencia entre el valor pronosticado y el valor real.
- $n \rightarrow$ número de períodos.

Para la normalización de los datos, se divide el valor que posee una variable, con respecto a un cierto periodo, con el máximo valor de la misma, tal y como se especifica en la siguiente ecuación:

$$D_n = \frac{D_i}{MD}$$

Figura N° 03: Fórmula para la normalización de los datos

Fuente: www.fic.umich.mx/~lcastro/5normal.pdf

Dónde:

- $D_n \rightarrow$ representa el dato normalizado.
- $D_i \rightarrow$ donde la i es el dato de la variable de la entrada.
- $MD \rightarrow$ es el máximo valor de la variable de entrada.

1.4. Formulación del problema

Pregunta Principal

¿Cuál es el porcentaje de error para determinar el pronóstico de las ventas utilizando redes neuronales para el pronóstico de las ventas en la empresa Catering & Buffets MyS ubicada en la ciudad de Piura?

Preguntas Secundarias

1. ¿Cuál es la arquitectura de la red neuronal apropiada para el pronóstico de las ventas?
2. ¿Cuáles son los algoritmos existentes para entrenar y aprender la red neuronal?
3. ¿Cuáles son los patrones y parámetros de la red neuronal para realizar el pronóstico de las ventas?
4. ¿Cuál es el modelo matemático de la red neuronal para optimizar el pronóstico de las ventas?

1.5. Justificación del estudio

El presente estudio se justifica metodológicamente, puesto que gracias a los objetivos e indicadores planteados, se determina como la aplicación de redes neuronales artificiales logra minimizar el porcentaje de error del pronóstico de las ventas en la empresa Catering & Buffets MyS, siendo estos resultados evaluados y comparados con los datos históricos de las ventas actuales, logrando una validez en el modelo planteado. Se justifica teóricamente, puesto que gracias a la teoría que se encuentra acerca de las redes neuronales y los pronósticos de ventas, se utilizan aquellas técnicas que contribuyen al modelamiento de la red neuronal (cabe destacar que cada modelo depende del tipo de problema por el cual se desea solucionar). Por último se justifica socialmente, porque los resultados de la investigación logra que los gerentes de Catering & Buffets MyS

tomen decisiones con respecto a un futuro corto plazo, planteándose metas para contribuir así al crecimiento económico y social de la empresa, y a la satisfacción de los clientes cuando contraten los servicios de catering del mismo.

1.6. Hipótesis

A través de la aplicación de redes neuronales, se minimizará el porcentaje de error del pronóstico de las ventas en la empresa Catering & Buffets MyS ubicada en la ciudad de Piura.

1.7. Objetivos

General

Aplicar redes neuronales para determinar el pronóstico de las ventas con el menor porcentaje de error en la empresa Catering & Buffets MyS ubicada en la ciudad de Piura.

Específicos

1. Identificar la arquitectura de la red neuronal apropiada para el pronóstico de las ventas.
2. Identificar los algoritmos existentes para el entrenamiento de la red neuronal y seleccionar el algoritmo para su aprendizaje.
3. Identificar los patrones y parámetros de entrada para la red neuronal del pronóstico de las ventas.
4. Identificar el modelo matemático para optimizar el pronóstico de las ventas.

II. MÉTODO

2.1. Diseño de investigación

El tipo de diseño de investigación que se ha empleado en esta tesis es Cuasi-experimental, porque se pudo realizar un control de las observaciones de las ventas históricas mensuales y anuales. Este diseño está compuesto de la siguiente forma:

O – M

O = Observación

M = Población o muestra a observar

2.2. Variables, operacionalización

- **Variables:**
 - Redes Neuronales.
 - Pronóstico de las ventas.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Pronóstico de las ventas	Estimación o nivel esperado de ventas de una empresa, línea de productos o marca de producto, que abarca un periodo de tiempo determinado y un mercado específico. (Porter – 1995)	Esta variable se midió con los diferentes documentos que la empresa posee como datos históricos, conformados por las diferentes proformas y contratos, para de esta manera tener en cuenta todas las ventas desarrolladas y los tipos de clientes (normal y jurídico) que contratan el servicio de catering	<ul style="list-style-type: none"> - Número de ventas históricas de los últimos años. - Número de ventas proyectadas. 	Intervalo
			<ul style="list-style-type: none"> - Cantidad de los tipos de clientes actuales. 	

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Escala de medición
Redes Neuronales	Sistema de computación constituido por un gran número de elementos simples de procesamiento muy interconectados, que procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas. (Hecht-Nielsen, 1988).	Esta variable se midió con la elaboración y aplicación del modelo de red neuronal elaborado en el software Open Source Joone	- Número de intentos hallados para realizar el pronóstico de las ventas	Nominal
			- Número de ventas necesarias para que la neurona sea entrenada.	Intervalo
			- Porcentaje de error del pronóstico.	Ordinal
			- Número de la señal de rastreo	Intervalo

Tabla N° 02: Cuadro de operacionalización de variables.

Fuente: Elaborado por el autor.

2.3. Población y muestra

La población que se ha utilizado para la presente investigación son las 336 ventas de los servicios de catering que ofrece la empresa, de lo cual se cuenta con data histórica plasmada en proformas y contratos. Debido a que la red neuronal requiere una gran cantidad de información, se ha considerado trabajar con todos los datos históricos que ayudaron a comparar o contrastar con los resultados de la red neuronal diseñada.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Revisión de documentos: se procedió a revisar los contratos y proformas de la empresa, comprendidos entre Enero del 2011 y Diciembre del 2014, para recolectar los datos y realizar el pronóstico de las ventas con toda su información histórica.

2.5. Métodos de análisis de datos

El procesamiento de datos se llevó a cabo mediante la hoja de cálculo Excel perteneciente a la suite de Office, donde se analizó la información que brindó como resultado la red neuronal para la comparación con las ventas reales mediante gráficos lineales, haciendo uso de la estadística descriptiva para la determinación de medidas de tendencia central.

2.6. Aspectos éticos

- Respetar y defender la verdad por sobre todas las cosas que pasan en la empresa.
- Rechazar las conclusiones prejuiciosas, manipuladas y alienantes.
- Acudir al mayor número posible de fuentes, para un mejor conocimiento de los hechos.
- No recurrir a recursos inmorales o no éticos ni a recursos ilícitos (delictivos) como son los siguientes: soborno, engaño, plagio, etc.

III. RESULTADOS

Obtenidos los datos de las ventas mensuales de los últimos cuatro años, se procedió a elaborar el pronóstico utilizando la aplicación de una red neuronal, cuyos resultados son los que se muestran a continuación.

Como primer indicador se encuentra el *“Número de ventas históricas de los últimos años”*, conformado por todas las ventas históricas que ha realizado la empresa en los últimos años, la misma que se puede consultar en el anexo C, teniendo como costo promedio de las 336 ventas, S/. 8146.07, siendo estos colocados en la tabla N° 10.

En esa tabla se presenta cuatro indicadores (año y mes del servicio que fue contratado, tipo de cliente y los tipos de servicios, con los cuales se ha evaluado las ventas y se ha codificado). Dicha tabla ayuda también en el indicador que se ha mencionado en la variable de redes neuronales denominada *“Número de ventas necesarias para que la neurona sea entrenada”*.

De acuerdo a lo especificado anteriormente, se obtuvieron los valores máximos, ubicada en la siguiente tabla, para poder realizar la normalización de todos los datos, debido a que, la información de entrada que analiza la red neuronal se encuentra comprendida entre 0 y 1.

	Año	Mes	Tipo de Cliente	Tipo de Servicio	Ventas
MÁXIMO	3	11	1	15	S/. 29.500,00

Tabla N° 03: Valores máximos de las ventas.

Fuente: Elaborado por el autor.

Con respecto al indicador *“Número de ventas proyectadas”*, cuyo resultados se encuentran en la tabla N° 12, es empleada para la elaboración de los diferentes gráficos que permiten a los gerentes de la empresa utilizar herramientas de soporte para la toma de sus propias decisiones.

Con respecto al indicador *“Número de intentos hallados para realizar el pronóstico de las ventas”*, se procedió a realizar la ya conocida prueba de error, el cual consiste en encontrar el modelo de red neuronal más adecuado para un correcto pronóstico de las ventas, todo esto gracias a que no existe una teoría para hallar el número de neuronas ocultas necesarias para su correcto uso. Esta información

se encuentra resumida en las siguientes tablas, logrando tener hasta 3 configuraciones para hallar el modelo más adecuado.

Como primera configuración se procedió a realizar todo lo especificado en la siguiente tabla, del cual se obtuvo un error del 14%, tal y como se puede apreciar en la figura N° 09 (Anexo F).

Resumen de Datos de la Red Neuronal N° 01	
Data Pre-procesada	336 Registros de Ventas
Tipo de Variable	Cuantitativa (Cantidad – Precio, Soles)
Frecuencia de Tabla	Semanal
Numero de Épocas	1000
Tamaño de Conjunto de Entrenamiento	336
Tamaño de Conjunto de Prueba	24 meses
Numero de Neuronas de Entrada	5
Numero de Capas Ocultas	3
Numero de Neuronas Ocultas en cada Capa	15
Numero de neuronas de Salida	1
Función de transferencia	Función Sigmoidal

Tabla N° 04: Primera configuración red neuronal.

Fuente: Elaborado por el autor.

Como segunda configuración, se encuentra los datos en la tabla N° 05, del cual se logró un error del 11%, diferenciándose de la anterior, el número de las épocas con las cuales se realizará el pronóstico, tal y como se puede apreciar en la figura N° 10 (Anexo F).

Resumen de Datos de la Red Neuronal N° 02	
Data Pre-procesada	336 Registros de Ventas
Tipo de Variable	Cuantitativa (Cantidad – Precio,

	Soles)
Frecuencia de Tabla	Semanal
Numero de Épocas	950
Tamaño de Conjunto de Entrenamiento	336
Tamaño de Conjunto de Prueba	24 meses
Numero de Neuronas de Entrada	5
Numero de Capas Ocultas	3
Numero de Neuronas Ocultas en cada Capa	15
Numero de neuronas de Salida	1
Función de Transferencia	Función Sigmoidal

Tabla N° 05: Segunda configuración red neuronal.

Fuente: Elaborado por el autor.

Como tercera configuración, se encuentra en la tabla N° 06, del cual gracias a la configuración planteada, se logró un error del 1%, siendo muy útil para el pronóstico de las ventas, de los cuales sus tendencias y sus picos de la demanda son similares a las ventas reales, siendo la diferencia con las anteriores configuraciones el número de épocas y el de neuronas en la capa de entrada (figura N° 04).

Resumen de Datos de la Red Neuronal N° 03	
Data Pre-procesada	336 Registros de Ventas
Tipo de Variable	Cuantitativa (Cantidad – Precio, Soles)
Frecuencia de Tabla	Semanal
Numero de Épocas	800
Tamaño de Conjunto de Entrenamiento	336
Tamaño de Conjunto de Prueba	24 meses

Numero de Neuronas de Entrada	4
Numero de Capas Ocultas	3
Numero de Neuronas Ocultas en cada Capa	15
Numero de neuronas de Salida	1
Función de Transferencia	Función Sigmoidal

Tabla N° 06: Tercera configuración red neuronal.

Fuente: Elaborado por el autor.

Con respecto al indicador “*Cantidad del porcentaje del error*”, se realizó la evaluación del error que arrojó la comparación entre las ventas reales con las ventas pronosticadas, siendo evaluada la precisión de la técnica de redes neuronales con los métodos ubicados en la tabla N° 01, y cuyos resultados se encuentran en la siguiente tabla.

CFE	-13891.83
DAM	943.16
PEMA	0.53
ECM	1510309

Tabla N° 07: Resultado de los análisis de errores.

Fuente: Elaborado por el autor.

En la tabla anterior, se define que el resultado del CFE es negativo, siendo un buen valor, puesto que, si el valor final hubiera sido positivo, quiere indicar que es un pronóstico con sesgo (error); es decir, ocurre cuando el error cometido no es aleatorio, siendo los datos manipulados por el hombre. En los métodos de DAM y ECM, los resultados están expresados en el valor de las ventas (soles), y por tanto representan la diferencia en que ello se encuentra, del mismo modo cuando se habla del ECM. Con respecto a la PEMA, el resultado esta expresado en porcentaje, permitiendo la comparación de los errores de todas las técnicas que se ha utilizado para pronosticar las ventas y escoger el que posee menos porcentaje de error. Por último, para determinar si el pronóstico está rastreando los valores reales de la serie de tiempo, se utilizó el método de TS, lo cual, de acuerdo al resultado reflejado en la tabla N° 12 ubicada en el anexo E, se puede comprobar que los valores de la señal de rastreo se encuentra ubicado entre los

valores de ± 6 , lo que comprobaría que los valores de la demanda son aleatorios, si estos hubieran pasado el límite del intervalo, se tendría que poner un alto a la técnica que se ha empleado para realizar el pronóstico y buscar otros métodos estadísticos.

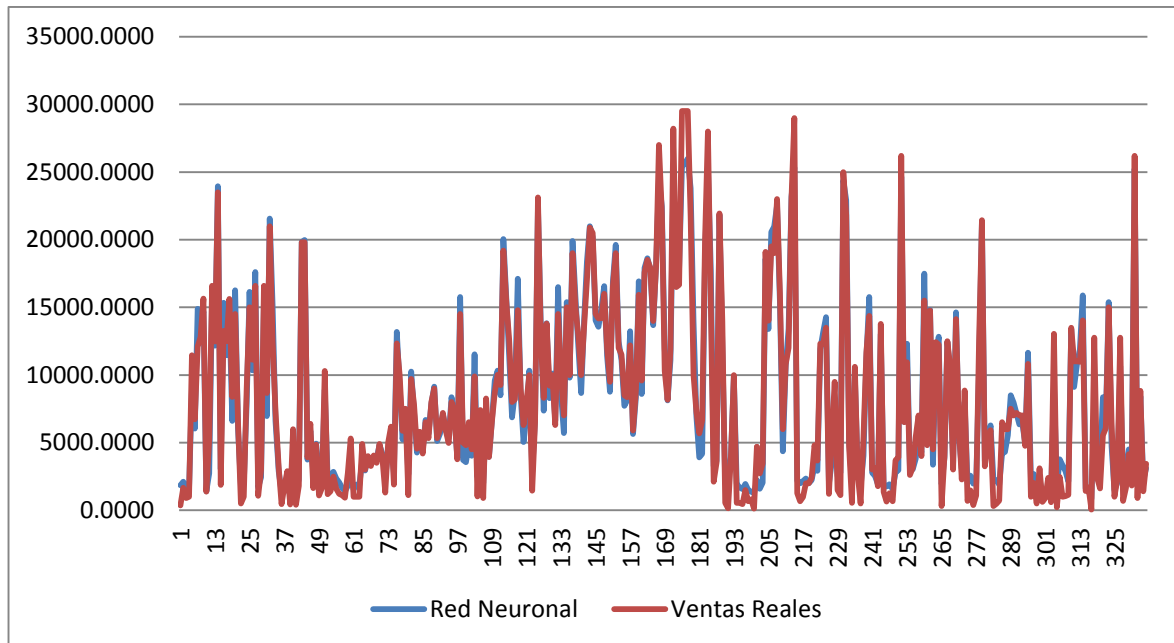


Figura N° 04: Ventas reales VS pronóstico de las ventas (error 1%).

Fuente: Elaborado por el autor.

Cabe destacar que estos valores ya han sido comparados con los resultados de las otras configuraciones, siendo el de la configuración N° 03 el más adecuado porque presenta el menor porcentaje de error, con lo que se comprueba que la hipótesis planteada ha logrado minimizar el porcentaje del error del pronóstico de las ventas.

IV. DISCUSIÓN

Para la realización del pronóstico de las ventas existen muchas técnicas, tal y como lo dijo Geoffrey (2003), siendo una de ellas la aplicación de las redes neuronales basadas en las diferentes configuraciones de su arquitectura, al igual que han hecho los autores en sus respectivas tesis que han servido como antecedentes.

Después de hacer el proceso de comparación del porcentaje de error se seleccionó la arquitectura ubicada en la tabla N° 06, puesto que, representa el 1% de error, esto similar a lo que encontró Luis Esteban Palacios Quichiz en su trabajo de investigación, lo cual el porcentaje de error depende de la configuración que se plantea para cada pronóstico.

Como primer indicador está el número de ventas de los últimos años, siendo estos datos expresados en la tabla N° 10. Se toma en cuenta todos los datos históricos de las ventas de los servicios de catering que ha ofrecido la empresa, todo esto gracias a la definición de las características que planteó Geoffrey (2003), el cual se refiere a que los pronósticos tienen que ser agregados, es decir, que el error que brinda todo pronóstico de las ventas de una línea completa de productos es mucho menor a un pronóstico hecho hacia un artículo individual. Un ejemplo claro es lo manifestado por Eybi Gil Zavaleta y Enith Rodríguez Collas en sus trabajos de investigación, en la que para predecir la demanda que posee los productos farmacéuticos de la empresa, se utilizaron todas las ventas históricas de la organización para poder obtener un resultado preciso y confiable. Gracias a ello, se optó por hacer el pronóstico con las ventas de todos los servicios, más no de un servicio en específico, puesto que su nivel de error no va a disminuir, sino aumentar. Los tipos de clientes también son considerados de mucha importancia, esto es gracias a Porter (1995), ya que son un factor primordial para todo pronóstico, siendo apoyado por Geoffrey (2003), considerándolos también como parte de una de las técnicas de encuestas, haciéndole cuestionarios acerca de un producto en específico para hallar sus intereses de compra, siendo este indicador muy importante para la toma de decisiones de los gerentes en las organizaciones. Como segundo indicador está el número de ventas proyectadas, expresados en la tabla N° 12. Este pronóstico, gracias a lo dicho por Porter (1995), se realizó con un tiempo determinado dentro de un mercado en específico, en este caso el duro

mercado de eventos que existe en la ciudad de Piura, basándose en un plan de mercadotecnia, expresando sus valores en servicios y unidades monetarias, lo cual consiste en las ventas expresadas en soles. Basado en el enfoque de Schiarroni (2009), se definió que el pronóstico de la presente investigación está basado en un corto plazo, dado que los gerentes necesitan esa información para la toma de decisiones en lo que concierne a la producción y flujo de caja (Geoffrey, 2003).

Como cuarto indicador, correspondiente a la variable de redes neuronales, se encuentra el número de intentos hallados para realizar el pronóstico de las ventas, lo cual se emplea el método del error para probar todas las configuraciones y encontrar la más adecuada a la realidad que se plantea, todo esto gracias a lo dicho por los autores de las tesis que se han utilizado como antecedentes, optando por el mismo método para encontrar la solución más cercana a su problema, en donde lo han encontrado desde la primera configuración hasta el octavo, tal es el caso de lo dicho por Gil Zabaleta, Eybi y Rodríguez Collas, Enith en sus trabajos de investigación, donde han comparado los porcentaje de error que ha arrojado la neurona y han optado por el más adecuado, siendo de gran ayuda al momento de elaborar el pronóstico de ventas.

Como quinto indicador se encuentra el número de ventas necesarias para que la neurona sea entrenada, donde se optó por trabajar con todas las ventas históricas que la empresa posee, esto gracias a lo dicho por los autores en sus tesis que se han utilizado como referencia en los antecedentes, donde cada uno ha empleado toda la información de las empresas a donde se ha desarrollado su investigación, de lo cual también se logra gracias a lo dicho por Geoffrey (2003), donde dice que en todo pronóstico se tiene que utilizar todos los datos posibles para que no exista ambigüedades o márgenes de error que puedan lograr que no se realice de una forma adecuada el proceso del pronóstico.

Como sexto indicador se encuentra la cantidad del porcentaje de error, siendo este un valor que los autores de los antecedentes de esta investigación no se ha tomado en cuenta, pero que es muy importante porque dice si realmente el pronóstico que se ha realizado es de mucha ayuda o no, utilizando ciertos métodos que se adecuan a cada problema que se plantea, tal y como lo dijo Vidal Holguín (2005).

Y como último indicador se encuentra el número de la señal de rastreo, aquí Render, Stair y Hanna (2012), menciona que toda señal de rastreo debe de estar ubicada entre cierto intervalo, siendo el más adecuado el propuesto por John Hake (2006), cuyos valores están entre ± 6 .

Gracias a lo dicho por los autores antes mencionados, se puede comprobar que los valores de la señal de rastreo de la tabla N° 12, se encuentran dentro del intervalo lo que significa que la técnica de redes neuronales es el más adecuado para poder realizar pronósticos, esto es gracias a lo dicho por Geoffrey (2003), quien menciona que el método de las redes neuronales es el más adecuado para realizar los pronósticos.

V. CONCLUSION

Mediante la aplicación de redes neuronales para realizar el pronóstico de las ventas en la empresa Catering & Buffets Mys, se concluye lo siguiente:

1. El porcentaje de error que se logró alcanzar aplicando redes neuronales es el 1%, siendo el modelo planteado en la configuración N° 03, el más adecuado para realizar el pronóstico de las ventas en la empresa Catering & Buffets MyS.
2. La arquitectura de la red neuronal para realizar un pronóstico de las ventas son las redes neuronales multicapas, el cual posee una capa oculta donde se desarrolla todo el procesamiento de los datos.
3. Existe una variedad de algoritmos que son adecuados para diferentes aplicaciones de las redes neuronales, pero el más adecuado para realizar el pronóstico de las ventas es la función sigmoideal.
4. Los parámetros de entrada para la red neuronal está compuesto por las variables que la empresa requiere para poder realizar un evento hacia la persona por la cual desea contratar sus servicios. Dichas variables constan del tiempo en que se desea realizar el evento, el tipo de cliente que contrata los servicios a la empresa y el tipo de servicio por el cual desean realizar su evento social.
5. El modelo matemático está compuesto por las diferentes fórmulas que los autores plantean para las redes neuronales multicapas, adecuadas a las diferentes capas ocultas que posee cada modelo de red neuronal.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda elaborar un sistema para realizar el pronóstico de las ventas con la topología de red neuronal propuesta en esta investigación, puesto que, se realizaría cada previsión de los servicios que ofrece Catering & Buffets, de esta manera, los gerentes logran tomar decisiones por cada servicio en específico a un determinado tiempo.
- Las empresas de Catering cuyos indicadores de ventas sean iguales a los de Catering & Buffets MyS, pueden utilizar la arquitectura de red neuronal propuesta en esta investigación para conocer el pronóstico de sus ventas de los servicios que ellos ofrecen.
- Utilizar la data histórica de la empresa para realizar una Inteligencia de Negocios para realizar análisis profundo de sus ventas en un determinado espacio de tiempo, de esta manera colabora a realizar una buena toma de decisiones por parte de los gerentes de la empresa.

VII. PROPUESTA

Metodología para la elaboración de redes neuronales

La metodología que se utilizó para la aplicación de las redes neuronales en el pronóstico de las ventas es aquella desarrollada por Kaastra y Boyd (1996), el cual cada procedimiento está detallado en la siguiente figura.

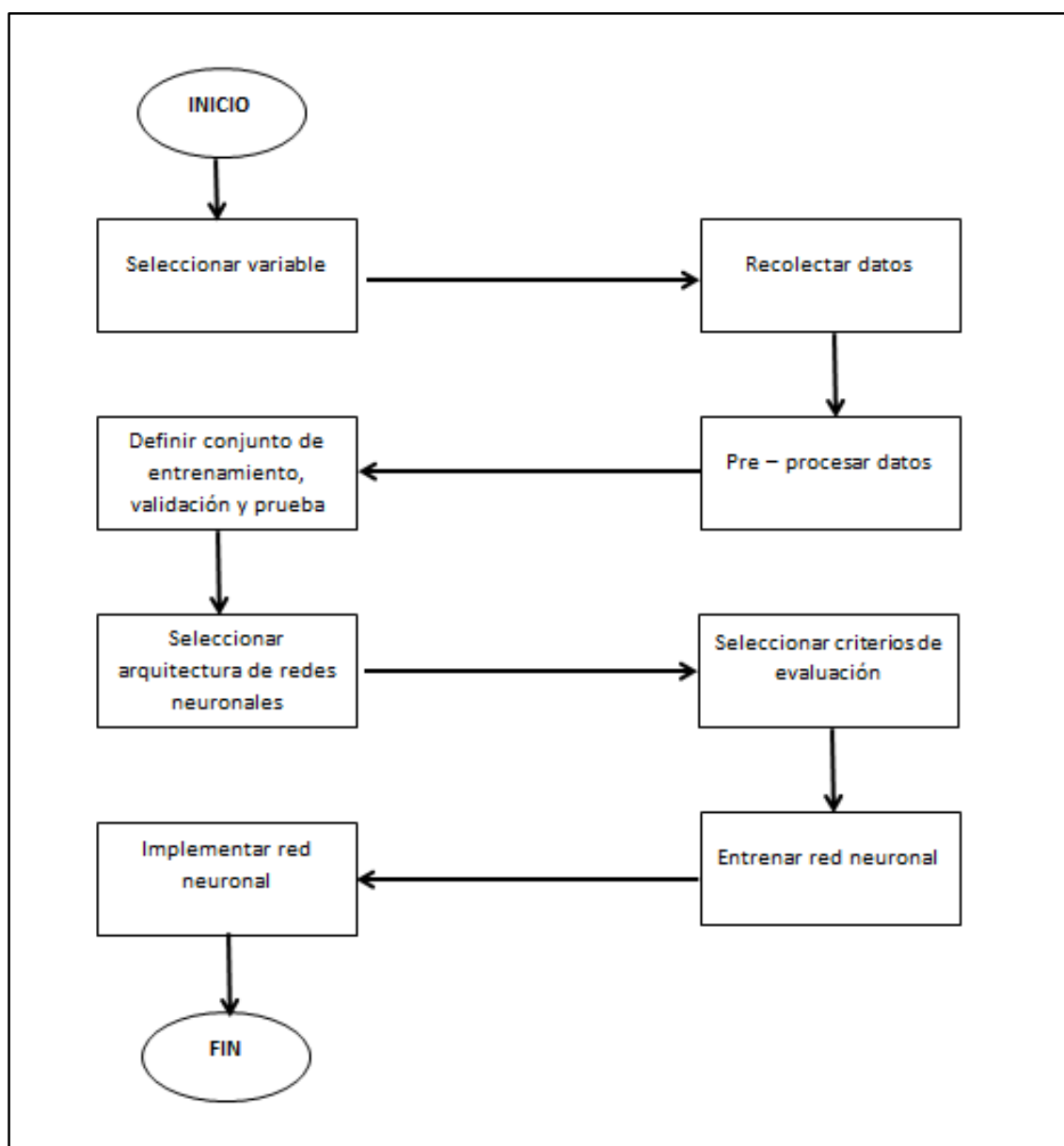


Figura N° 05: Diagrama de procesos de la metodología para redes neuronales.

Fuente: Elaborado por el autor.

1. Selección de la variable.

Determinar las variables que fueron utilizadas para poder realizar un pronóstico no ha sido del todo fácil, puesto que se ha hecho un análisis con ayuda de profesionales que han tenido o tengan experiencia en este ámbito, por lo cual se llegó a la conclusión que la variable principal son las ventas de los servicios que ofrece la empresa Catering & Buffets MyS, siendo alimentadas por la variable tiempo (fecha del que fue realizado el servicio) y el tipo del cliente por el cual se ha logrado llegar a un acuerdo.

2. Recolección de datos.

Los datos necesarios para el correcto pronóstico fueron facilitados por la dueña de Catering & Buffets MyS, dicha información estuvo compuesta por los diferentes contratos que se han manejado durante los últimos cuatro años detallados mensualmente siendo un total de 336 los números de ventas comprendidos entre Enero del 2011 y Diciembre del 2014.

Para el correcto manejo de la información, se trabajó toda la información en la herramienta de Ofimática llamada Excel. (Tabla N° 10 – Anexo C).

3. Pre – Procesamiento de datos.

En este caso, no hubo un pre – procesamiento de los datos puesto que, el formato de la data que brindó la dueña de la empresa se encuentra libre de irregularidades que pudieran provocar un mal resultado, tal es el caso de ventas sin clientes, el precio del servicio expresado en otra unidad monetaria, etc.

4. Definición de conjunto de entrenamiento, validación y prueba

a. Conjunto de entrenamiento

Es el conjunto de los datos que sirvió como entrada a la red neuronal para su aprendizaje, en este caso fue representado por los 336 registros de las ventas de los servicios correspondientes desde Enero del 2011 hasta Diciembre del 2014. (Tabla N° 10 – Anexo C).

b. Conjunto de validación

Es el número de datos los cuales ayudan a que los resultados que brinda la red neuronal sea lo más creíbles, siendo el software que se utilizó en esta investigación (Joone) ya venía predeterminado la opción de validar.

c. Conjunto de prueba

Este conjunto de datos son los que se han utilizado para evaluar la precisión de la red. El mismo software ofrece evaluar la data.

5. Selección de la arquitectura de redes neuronales

a. Número de neuronas de entrada

El número de neuronas está conformado por la cantidad de variables que se ha utilizado para predecir las ventas, en este caso son 4 (mes de donde se contrató el servicio, año en el que se realizó, el tipo de servicio que se contrató y el tipo de cliente el cual ha contratado los servicios de catering). (Tabla N° 09 – Anexo B).

b. Número de capas ocultas

Para resolver la situación del pronóstico de las ventas, se optó por tres capas ocultas lo cual se definió gracias al método del tanteo. (Figura N° 07).

c. Número de neuronas ocultas

El número de neuronas ocultas se definió probando una infinidad de números hasta poder llegar a una cantidad con lo cual se permitió realizar un buen pronóstico, como resultado se obtuvo un total de 15 neuronas por cada capa oculta. (Tabla N° 04, Tabla N° 05, Tabla N° 06).

d. Número de neuronas de salida

El número de neuronas de la capa de salida estuvo constituido por solo una neurona, puesto que es el pronóstico de las ventas el resultado del modelo de red neuronal. (Figura N° 07).

e. Función de transferencia

La función de transferencia que se ha utilizado y del cual es la más óptima para este tipo de trabajos, según Kaastra y Boyd, es la función sigmoideal, tal y como se muestra en la siguiente figura; cuyo rango de salida se encuentra entre -1 y +1.

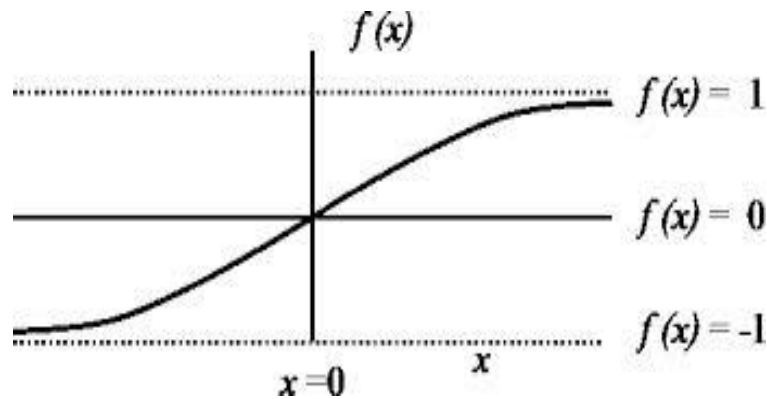


Figura N° 06: Función sigmoideal.

Fuente: arantxa.ii.uam.es/~neuro/backprop_https/funcion_activacion.htm.

6. Criterios de evaluación

Como criterio de evaluación para medir la eficiencia de la red, se utilizó los métodos propuestos por John Hake, el cual consta del Error Cuadrático Medio (ECM), la Desviación Absoluta Media (DAM), la Señal de Rastreo (TS) y el Error Porcentual de la Media Absoluta (PEMA). (Tabla N° 07).

7. Entrenamiento de la red neuronal

a. Número de iteraciones

El número de iteraciones que se utilizó para lograr obtener un menor error en el conjunto de prueba de la red neuronal es de 800 épocas. (Tabla N° 06).

b. Tasa de aprendizaje y momento

La tasa de aprendizaje empleado en la investigación es de 0.6 lo cual determina el impacto que posee el peso de la red neuronal sobre el error. El momento empleado es de 0.7 lo cual determina como los cambios

pasados de los pesos afectan a los actuales cambios, filtrando de esta manera las variaciones de alta frecuencia.

8. Implementación del modelo de redes neuronales artificiales

Ya listo el modelo que se ha obtenido al seguir los pasos que brinda la metodología, se procedió la implementación y la comprobación de los resultados con los datos reales.

Como resultado de la aplicación de la metodología, se diseñó la topología y modelo de la red neuronal, tal y como se muestra en la siguiente figura.

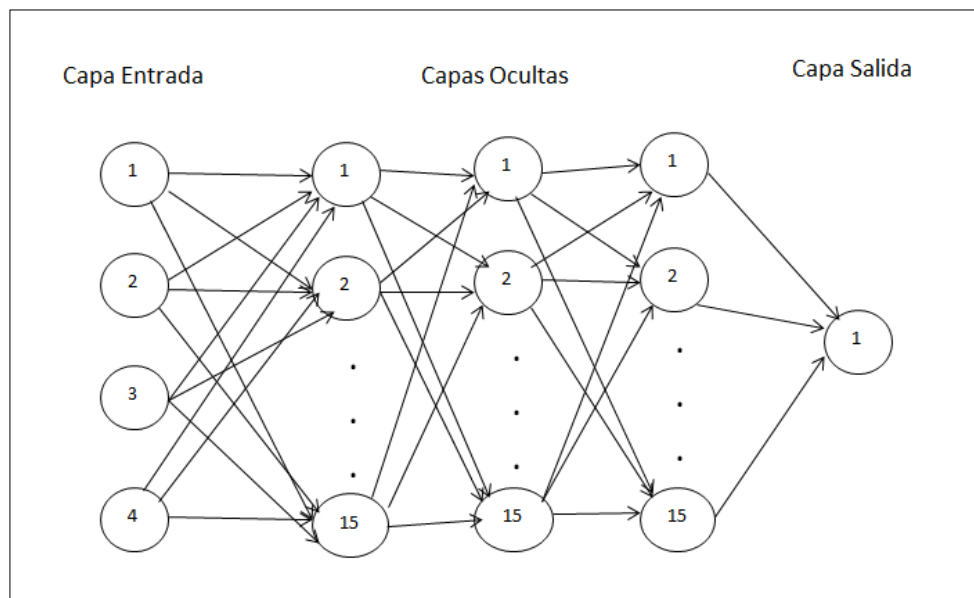


Figura N° 07: Topología de la red neuronal.

Fuente: Elaborado por el autor.

Luego de modelar la topología de la red neuronal y escoger la configuración apropiada, se procedió a realizar el pronóstico de las ventas de los servicios que ofrece la empresa Catering & Buffets MyS, siendo el tiempo que se ha empleado desde Enero del 2015 hasta que se completen las primeras 29 ventas de los servicios que ofrece la empresa. Los resultados que arroja la red neuronal fueron comparados con las 29 primeras ventas reales que se ha realizado en el año 2015 para validar el modelo de red neuronal que se plantea en esta investigación, siendo esta comparación manifestada en la siguiente figura.

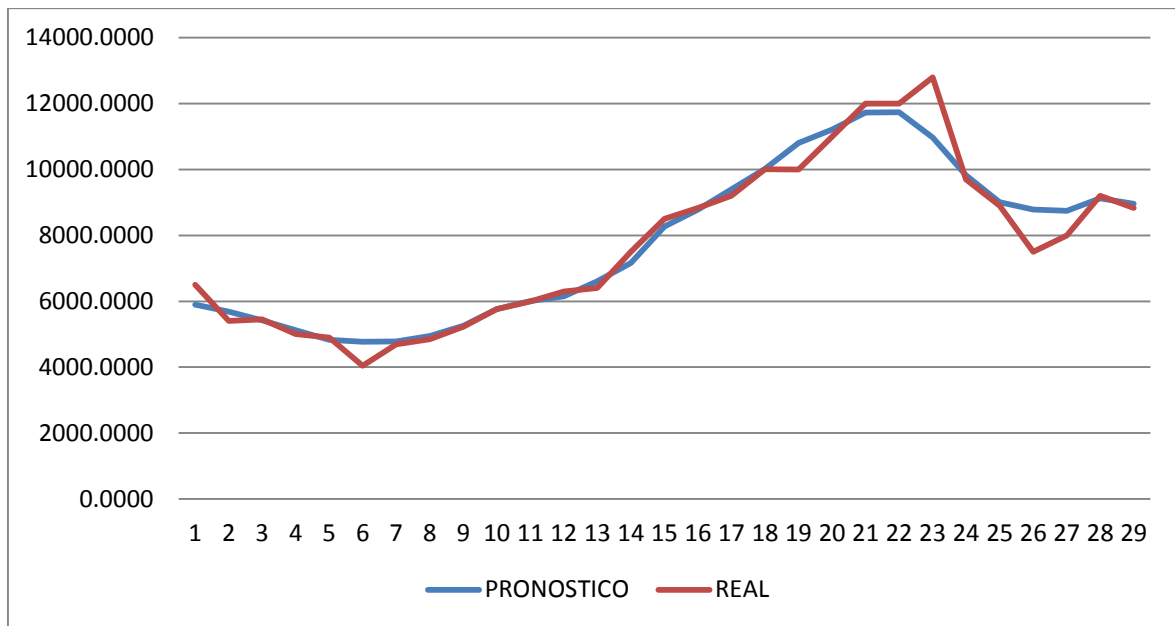


Figura N° 08: Ventas Pronosticadas VS Ventas Reales (Año 2015).

Fuente: Elaborado por el autor.

El modelo matemático empleado en esta investigación es aquel que brinda la teoría acerca de las redes multicapas, siendo el número de veces en que se realiza la fórmula de las capas ocultas por el número de las mismas que se utilizan en la investigación, en este caso 3 capas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AAKER, David. Estrategia de la cartera de marcas. Álvarez del Blanco, Roberto; Campos, Valentí (trad.). 3ra ed. México: editorial Gestion200, 2008. 409p. ISBN: 84-8088-652-8.
- ALI ZILOUCHIAN, Mo Jamshidi. Intelligent Control Systems using Soft Computing Methodologies. 1ra ed. Estados Unidos: CRC Press, 2001. 493p. ISBN: 0-8493-1875-0.
- ARREDONDO VIDAL, Tomas. [En línea] [Fecha consulta: 15 mayo 2015]. Disponible en: <http://profesores.elo.utfsm.cl/~tarredondo/info/soft-comp/Introduccion%20a%20las%20redes%20neuronales.pdf>.
- BANNOCK, G., BAXTER R., RESS R. Diccionario de economía. 5ta ed. México: Editorial Prince Hall Hispanoamericano, 2009. 365p. ISBN: 9682422280.
- BERRY, L., BENNET, R., BROWN, W. Calidad de servicio: una ventaja estratégica para instituciones financieras. 1ra ed. España: Editorial Das Santos, 1989. 203p. ISBN: 8487189253.
- BONTA P., FARBER M. 199 preguntas sobre Marketing. 1ra ed. Colombia: Grupo Editorial Norma, 2002. 168p. ISBN: 958-04-7030-8.
- BOWERMAN, B. O' Connel, R. Forecasting and time series: an applied approach. 3era ed. Estado Unidos: The Duxbury Advanced Series in Statistics and Decision Sciences, 1993. 848p. ISBN: 0534932517.
- CAICEDO BRAVO, Eduardo Francisco; LOPEZ SOTELO, Jesús Alfonso. Una aproximación practica a las redes neuronales artificiales. 1ra ed. Colombia: Universidad del Valle, 2009. 217p. ISBN: 9789586707671.
- CHARYTONIUK, W., BOX, E.D., LEE, W.-J, CHEN, M.-S, KOTAS, P., VAN OLINDA, P. Neural – network – based demand forecasting in a deregulated environment. 3ra ed. USA: IEEE Transactions on, 2000. 898p. ISBN: 0093-9994.
- CHATFIELD. Neuronal Networks. Mexico: A Comprehensive Foundation, Prentice Hall, 1978.
- COLINA, RIVAS. Neurofisiología, México: Prentice Hall, 1998.

- CYTED. Aplicaciones de las redes neuronales en supervisión, diagnóstico y control de procesos. 1ra ed. Venezuela: Editorial Texto, 1999. 253p. ISBN: 980-237-190-4.
- Distribución normal [En línea] [Fecha de consulta: 28 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.fic.umich.mx/~lcastro/5normal.pdf>.
- DORFFNER. Interpretación de redes neuronales: un caso práctico. 2008. P 47-51.
- DREYFUS, Hubert (1965). Alchemy and Artificial Intelligence. Rand Papers. 3244p.
- Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) [En línea] [Fecha de consulta: 28 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.ipe.org.pe/enaho>.
- FERRE, J. Marketing y competitividad: el método tortuga en 40 pasos. 1ra ed. España: Ediciones Díaz de Santos, 1995. 301p. ISBN: 84-7978-171-8.
- FLORES, R., FERNANDEZ, J. Las redes neuronales artificiales: fundamentos teóricos y aplicaciones prácticas. 1ra ed. España: NETBIBLO, S.L., 2008. 135p. ISBN: 987-84-9745-246-5.
- FUENTES DE ACTIVACIÓN [En línea] [Fecha de consulta: 28 mayo 2015]. Disponible en: http://arantxa.ii.uam.es/~neuro/backprop_https/funcion_activacion.htm.
- GIL ZAVALA, Eybi y RODRIGUEZ Collas, Enith. "Sistema de pronóstico de la demanda de productos farmacéuticos basado en redes neuronales". Asesor: David Mauricio. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, 2010.
- HANKE, John E. Pronóstico en los negocios. 8ta ed. México: Pearson Educación de México S.A, 2006. 534p. ISBN: 0-13-141290-6.
- HAYKIN, Simon. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. 2da Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.
- HECHT – NIELSEN, Robert. Neurocomputing. 1ra ed. Estado Unidos: Addison – Wesley, 1990. 433p. ISBN: 0201093553.
- HILERA, J., MARTINEZ, V. Redes neuronales artificiales: fundamentos, modelos y aplicaciones. 1ra ed. Madrid: RA-MA, 1994. 408p. ISBN: 8478971556.

- JOBBER, David; LANCASTER, Geoffrey. Administración de ventas. 8va ed. Mexico: Pearson Educación, 2003. 559p. ISBN: 978-607-0852-9.
- KAASTRA, L., BOYD, M. Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Times Series. Neurocomputing, 1996, 236p.
- KOTLER, P., AMSTRONG, G. Fundamentos de Marketing. 8ta ed. México: Editorial Pearson Educación, 2009. 656p. ISBN: 978-970-26-1186-8.
- KOTLER, P., KELLER, K., RIVERA, C. Dirección de Marketing. DAVILA, R., TENA, E., RAMOS, M., SCIARRONI, R. (trad.). 12ava ed. España: Prentice Hall, 2006. 729p. ISBN: 970-26-0763-9.
- LAMBIN, J. Marketing estratégico. 1ra ed. México: ESIC Editorial, 2003. 837p. ISBN: 9788473563529.
- MCDANIEL, C. investigación de Mercados Contemporáneos. 4ta ed. México: Internacional Thompson Editores, 1999. 780p. ISBN: 9789687529578.
- MINSKY, Marvin; PAPERT, Seymour. Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry. 2da ed. Inglaterra: The MIT Press, 1972. ISBN 0-262-63022-2.
- MONTAÑO, J. Redes Neuronales Artificiales aplicadas al análisis de datos. España: Universitat de les Illes Balears. Departamento de psicología 2012. ISBN: 8469013750.
- OJEDA SARMIENTO, Juan Manuel. “Aplicación de Redes Neuronales Artificiales a la Predicción y Control de Demanda de Energía Eléctrica en Empresas Industriales”. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas, Escuela de Postgrado, 2009.
- PALACIOS QUICHIZ, Luis Esteban. “Modelo de RNA para predecir la morosidad de microcrédito en la Banca Estatal Peruana”. Asesor: Mg. Fernando Torres Sánchez. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Unidad de Post – Grado, 2012.
- PARKER, David. Second Order Backpropagation: Implementing an Optimal $O(n)$ Approximation to Newton's Method as an Artificial Neural Network. Submitted to Computer, 1987.

- PASTOR, A. Reconocimiento de objetos mediante redes neuronales. 1ra ed. Madrid: Editorial Lulu, 2012. 157p. ISBN: 978-1-4716-2418-6.
- PINO, R., GOMEZ, A., DE ABAJO, N. Introducción a la inteligencia artificial: sistemas expertos, redes neuronales artificiales y computación evolutiva. 1ra ed. España: Servicio de Publicaciones – Universidad de Oviedo, 2001. 84p. ISBN: 84-8317-249-6.
- PORTER, M. Ventaja competitiva: creación y sostenimiento de un desempeño superior. México: Grupo Editorial Patria, 1995. 550p. ISBN: 9789682607783.
- RABUÑAL DOPICO, Juan Ramón; DORADO DE LA CALLE, Julián; PAZOS SIERRA, Alejandro. Encyclopedia of Artificial Intelligence. 1ra ed. Estados Unidos: Information Science Reference, 2009. 1615p. ISBN: 978-1-59904-849-9.
- RENDER, Barry; STAIR, RALPH; HANNA, Michael. Métodos cuantitativos para los negocios [En línea] [Fecha de consulta: 18 setiembre 2015]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=oNuXccZkWfIC&pg=PA176&lpg=PA176&dq=se%C3%B1al+de+rastreo&source=bl&ots=-TouCV8Xno&sig=AdcswxBWptyU9F5Otup8VwmKRn4&hl=es&sa=X&ved=0CDMQ6AEwBGoVChMI7OP77uOJyAIVxDweCh0Y-wX5#v=onepage&q&f=false>.
- REY, M. Fundamentos de Marketing turístico. 1ra ed. España: Editorial Síntesis, 2004. 400p. ISBN: 9788497562096.
- RUMELLHART, D., HINTON, G., WILLIAMS, R. Learning Internal Representations by Error Propagation [En línea] [Fecha de consulta: 14 mayo 2015]. Disponible en: http://psych.stanford.edu/~jlm/papers/PDP/Volume%201/Chap8_PDP86.pdf
- RUSSELL S., NORVIG P. Inteligencia Artificial, un enfoque moderno [PDF] [Fecha de consulta: 19 mayo 2015]. Disponible en: [http://iarp.cic.ipn.mx/~hcalvo/Inteligencia_Artificial_files/Inteligencia%20Artificial,%20Un%20Enfoque%20Moderno%20-%20Stuart%20J.%20Russell,%20Peter%20Norvig%20-%20Prentice%20Hall%20\(ocr,%20caps%201-11\).pdf](http://iarp.cic.ipn.mx/~hcalvo/Inteligencia_Artificial_files/Inteligencia%20Artificial,%20Un%20Enfoque%20Moderno%20-%20Stuart%20J.%20Russell,%20Peter%20Norvig%20-%20Prentice%20Hall%20(ocr,%20caps%201-11).pdf).

- SLOMAN, Aaron. Epistemology and artificial intelligence. Donald Michie (trad.). 1ra ed., Escocia: Edinburgh University Press, 1979.
- STANTON, William; ETZEL, Michael; WALKER, Bruce. Fundamentos de Marketing. 14ta ed. México: Interamericana Editores S.A., 2004. 773p. ISBN: 978-970-10-6201-9
- VIDAL Holguín, Carlos Julio. Fundamentos de gestión de inventarios. 2da ed. Colombia: Universidad del Valle – Facultad de Ingeniería, 2005. 249p. ISBN: 9789586708630.
- VILDOSOLA, M. Marketing de servicios. 1ra ed. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2007. 347p. ISBN: 9972463567.
- WERBOS, Paul. Backpropagation Through Time: What It Does and How to Do It. [En línea] [Fecha de consulta: 17 mayo 2015]. Disponible en: <http://www.sysc.pdx.edu/classes/Werbos-Backpropagation%20through%20time.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Variable	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Diseño metodológico
<p>General</p> <p>¿Cuál es el porcentaje de error para determinar el pronóstico de las ventas utilizando redes neuronales para el pronóstico de las ventas en</p>	<p>General</p> <p>Aplicar redes neuronales para determinar el pronóstico de las ventas con el menor porcentaje de error en la empresa Catering & Buffets MyS</p>	Pronóstico de las ventas	Potencial de ventas de un mercado	<p>Número de ventas históricas de los últimos años.</p> <p>Número de ventas proyectadas.</p>	<p>Intervalo</p> <p>Intervalo</p>	<p>Población: 336 ventas históricas de los servicios que ofrece la empresa Catering & Buffets MyS.</p> <p>Muestra: 336 ventas históricas</p> <p>Tipo de investigación: Descriptiva</p>

la empresa Catering & Buffets MyS ubicada en la ciudad de Piura?	ubicada en la ciudad de Piura.		Previsión de ventas o demanda en el mercado	Cantidad de los tipos de clientes actuales.	Intervalo	Diseño: Cuasi Experimental. – Método de investigación:
Específico 1. ¿Cuál es la arquitectura de la red neuronal apropiada para el pronóstico de las ventas? 2. ¿Cuáles son los algoritmos existentes para	Específico 1. Identificar la arquitectura de la red neuronal apropiada para el pronóstico de las ventas. 2. Identificar los algoritmos existentes para el		Entrenamiento de la red	Número de intentos hallados para realizar el pronóstico de las ventas Número de ventas necesarias para	Nominal Intervalo	Descriptivo simple Técnicas para la obtención de datos: - Revisión de documentos. Instrumentos para la obtención de datos:

entrenar y aprender la red neuronal?	entrenamiento de la red neuronal y seleccionar el algoritmo para su aprendizaje.	Redes Neuronales		que la neurona sea entrenada.		- Contratos y proformas comprendidos entre Enero del 2011 y Diciembre del 2014. Técnicas para el procesamiento de datos: - Hoja de cálculo perteneciente a la suite de Office.
3. ¿Cuáles son los patrones y parámetros de la red neuronal para realizar el pronóstico de las ventas?	3. Identificar los patrones y parámetros de entrada para la red neuronal del pronóstico de las ventas.		Criterios de evaluación	Porcentaje de error del pronóstico.	Ordinal	
4. ¿Cuál es el modelo matemático de la red neuronal para optimizar el pronóstico de las ventas?	4. Identificar el modelo matemático para optimizar el pronóstico de las ventas.			Número de la señal de rastreo	Intervalo	

Tabla N° 08: Matriz de Consistencia.

Fuente: Elaborada por el autor.

ANEXO B: Cuadro de información de las variables que tienen relación con las ventas de los servicios que ofrece la empresa Catering & Buffets MyS.

Variable	Descripción	Tipo	Codificación
A	Año	2014	0
		2013	1
		2012	2
		2011	3
M	Mes	Enero	0
		Febrero	1
		Marzo	2
		Abril	3
		Mayo	4
		Junio	5
		Julio	6
		Agosto	7
		Setiembre	8
		Octubre	9
		Noviembre	10
		Diciembre	11
TC	Cliente	Natural	0
		Jurídico	1
		Bocaditos	0

TS	Tipo de servicio	Cumpleaños	1
		Fiesta bodas de oro	2
		Quinceañero	3
		Baby Shower	4
		Fiesta pedido de mano	5
		Fiesta de promoción	6
		Matrimonio	7
		Buffet	8
		Bautizo	9
		Coctel	10
		Almuerzo y/o cenas	11
		Coffee y Break	12
		Otro	13
		Fiesta de aniversario	14
		Fiesta infantil	15

Tabla N° 09: Definición de variables de entrada del modelo.

Fuente: Elaborado por el autor.

ANEXO C: Información detallada de los datos históricos que la empresa posee, mediante proformas y contratos, de las ventas de sus servicios entre Agosto del 2011 y Diciembre del 2014.

Iteración (I)	Año (A)	Mes (M)	Cliente (TC)	Tipo de servicio (TS)	Total de la Venta (V)
1	1	9	1	0	S/. 350.00
2	1	3	0	1	S/. 1,650.00
3	0	6	0	7	S/. 900.00
4	1	3	0	1	S/. 1,000.00
5	1	8	0	7	S/. 11,465.00
6	0	7	0	1	S/. 6,733.00
7	0	6	0	2	S/. 12,100.00
8	0	9	0	3	S/. 12,800.00
9	1	1	0	7	S/. 15,635.00
10	0	11	0	13	S/. 1,380.00
11	0	7	1	8	S/. 5,200.00
12	0	7	0	7	S/. 16,600.00
13	0	11	0	7	S/. 12,465.00
14	0	6	1	13	S/. 23,500.00
15	0	4	0	3	S/. 1,877.00
16	0	5	0	7	S/. 13,244.00
17	0	0	0	7	S/. 12,500.00
18	0	4	0	3	S/. 15,628.00
19	1	8	0	7	S/. 8,386.00
20	0	5	0	3	S/. 14,500.00
21	0	4	0	3	S/. 6,521.00
22	1	4	0	13	S/. 500.00
23	1	7	0	13	S/. 1,000.00
24	0	7	0	7	S/. 9,000.00
25	0	4	0	3	S/. 15,000.00
26	1	8	0	7	S/. 11,130.00
27	0	7	0	7	S/. 16,600.00
28	1	0	0	7	S/. 1,069.00
29	1	10	0	7	S/. 2,968.00
30	0	4	0	3	S/. 16,580.00
31	0	5	0	3	S/. 8,656.00
32	1	11	1	8	S/. 21,000.00
33	1	0	0	7	S/. 12,500.00
34	1	7	0	7	S/. 7,395.00
35	1	9	0	7	S/. 3,200.00
36	0	8	1	12	S/. 450.00
37	0	6	1	12	S/. 1,800.00

Iteración	Año	Mes	Cliente	Tipo de servicio	Total de la Venta
38	1	1	1	12	S/. 2,900.00
39	0	2	1	12	S/. 420.00
40	1	6	0	12	S/. 6,000.00
41	1	5	1	12	S/. 400.00
42	1	5	0	12	S/. 1,800.00
43	1	5	1	6	S/. 19,800.00
44	1	5	1	6	S/. 19,800.00
45	0	3	0	7	S/. 3,900.00
46	0	2	0	7	S/. 6,400.00
47	0	3	0	7	S/. 1,625.00
48	1	7	0	7	S/. 4,865.00
49	0	9	1	8	S/. 1,100.00
50	1	9	1	13	S/. 1,625.00
51	0	9	1	3	S/. 10,300.00
52	0	9	0	9	S/. 1,196.00
53	1	7	0	5	S/. 1,390.00
54	1	4	0	9	S/. 2,500.00
55	1	3	0	1	S/. 1,600.00
56	0	11	0	5	S/. 1,205.00
57	0	4	0	4	S/. 1,125.00
58	1	5	0	9	S/. 920.00
59	0	11	1	11	S/. 2,755.00
60	1	2	1	11	S/. 5,300.00
61	0	7	0	9	S/. 1,006.00
62	1	7	0	1	S/. 997.00
63	1	3	0	1	S/. 1,000.00
64	1	3	0	7	S/. 4,900.00
65	1	3	0	1	S/. 3,000.00
66	0	9	0	1	S/. 4,000.00
67	0	6	0	9	S/. 3,280.00
68	1	3	1	6	S/. 4,060.00
69	1	5	0	9	S/. 3,500.00
70	1	3	0	9	S/. 4,900.00
71	0	3	0	1	S/. 3,860.00
72	0	6	0	9	S/. 1,300.00
73	0	11	1	11	S/. 5,000.00
74	0	5	0	9	S/. 6,177.00
75	0	6	0	9	S/. 1,900.00
76	1	1	0	7	S/. 12,335.00
77	1	1	0	7	S/. 10,000.00
78	0	9	0	7	S/. 5,881.00
79	1	6	0	7	S/. 7,500.00
80	1	0	0	1	S/. 1,120.00

Iteración	Año	Mes	Cliente	Tipo de servicio	Total de la Venta
81	1	4	0	7	S/. 9,700.00
82	1	0	0	7	S/. 7,800.00
83	1	2	0	7	S/. 4,550.00
84	1	3	0	7	S/. 5,800.00
85	1	3	0	7	S/. 4,200.00
86	1	4	0	3	S/. 6,500.00
87	0	8	0	1	S/. 5,331.00
88	1	4	0	9	S/. 8,000.00
89	0	10	0	3	S/. 9,000.00
90	0	8	0	7	S/. 5,331.00
91	0	2	0	1	S/. 6,000.00
92	1	5	0	7	S/. 7,200.00
93	1	1	0	7	S/. 5,907.00
94	1	0	0	1	S/. 4,981.00
95	0	3	0	9	S/. 8,000.00
96	1	5	0	7	S/. 7,200.00
97	0	3	0	1	S/. 3,770.00
98	0	2	0	7	S/. 14,500.00
99	0	8	0	9	S/. 5,000.00
100	0	8	0	1	S/. 4,800.00
101	0	0	0	7	S/. 6,522.00
102	1	6	1	14	S/. 4,500.00
103	0	7	0	7	S/. 9,885.00
104	1	2	0	7	S/. 1,025.00
105	1	5	0	7	S/. 7,400.00
106	0	1	0	1	S/. 900.00
107	1	0	0	7	S/. 8,250.00
108	1	5	0	7	S/. 3,940.00
109	1	1	0	7	S/. 6,500.00
110	0	0	0	7	S/. 8,698.00
111	1	7	0	7	S/. 10,006.00
112	1	1	0	7	S/. 9,250.00
113	0	8	0	7	S/. 19,200.00
114	0	7	0	7	S/. 15,461.00
115	0	10	0	1	S/. 12,648.00
116	1	1	0	7	S/. 8,000.00
117	1	4	0	7	S/. 8,200.00
118	1	6	0	7	S/. 14,800.00
119	0	2	0	7	S/. 9,000.00
120	1	1	0	7	S/. 6,300.00
121	1	3	0	7	S/. 8,000.00
122	1	0	0	1	S/. 10,000.00
123	0	0	0	9	S/. 1,450.00

Iteración	Año	Mes	Cliente	Tipo de servicio	Total de la Venta
124	1	5	0	7	S/. 6,505.00
125	1	6	0	2	S/. 23,115.00
126	0	2	0	7	S/. 12,560.00
127	1	9	0	7	S/. 8,305.00
128	0	8	0	7	S/. 13,800.00
129	1	4	0	7	S/. 9,200.00
130	1	1	0	7	S/. 10,000.00
131	1	6	0	7	S/. 6,300.00
132	0	1	0	7	S/. 14,500.00
133	1	1	0	7	S/. 10,000.00
134	1	8	0	7	S/. 7,005.00
135	1	4	0	7	S/. 15,000.00
136	1	0	0	7	S/. 10,000.00
137	1	4	0	7	S/. 19,000.00
138	0	6	0	7	S/. 15,015.00
139	0	7	0	7	S/. 12,945.00
140	1	4	0	7	S/. 10,000.00
141	1	11	0	7	S/. 13,500.00
142	1	0	0	7	S/. 17,000.00
143	0	6	0	7	S/. 20,895.00
144	0	5	0	7	S/. 20,500.00
145	0	2	0	7	S/. 14,500.00
146	1	10	0	7	S/. 14,175.00
147	0	4	0	7	S/. 14,200.00
148	0	8	0	7	S/. 16,000.00
149	0	10	0	7	S/. 12,000.00
150	0	7	0	7	S/. 9,500.00
151	1	9	0	3	S/. 16,500.00
152	1	6	0	7	S/. 19,005.00
153	0	5	0	7	S/. 12,000.00
154	0	8	0	7	S/. 11,500.00
155	0	8	0	7	S/. 8,500.00
156	0	6	0	7	S/. 8,350.00
157	0	5	0	7	S/. 12,200.00
158	1	1	0	7	S/. 5,903.00
159	2	8	0	3	S/. 8,850.00
160	0	0	0	7	S/. 15,938.00
161	1	6	0	1	S/. 9,575.00
162	0	5	0	7	S/. 17,588.00
163	0	2	0	3	S/. 18,500.00
164	1	1	0	7	S/. 17,928.00
165	1	2	0	7	S/. 13,988.00
166	0	10	0	7	S/. 18,000.00

Iteración	Año	Mes	Cliente	Tipo de servicio	Total de la Venta
167	0	0	0	7	S/. 27,000.00
168	0	4	0	7	S/. 22,000.00
169	0	5	0	7	S/. 10,292.00
170	2	10	0	1	S/. 8,175.00
171	2	9	0	7	S/. 11,906.00
172	0	7	0	7	S/. 28,200.00
173	1	2	0	7	S/. 16,500.00
174	1	5	0	7	S/. 16,656.00
175	0	0	0	7	S/. 29,500.00
176	0	0	0	7	S/. 29,500.00
177	0	6	0	7	S/. 29,500.00
178	1	6	0	7	S/. 21,696.00
179	1	10	0	1	S/. 10,024.00
180	0	7	0	7	S/. 7,270.00
181	0	11	0	7	S/. 5,678.00
182	1	9	0	7	S/. 6,650.00
183	1	8	0	7	S/. 20,000.00
184	0	1	0	7	S/. 28,000.00
185	0	3	1	6	S/. 15,300.00
186	0	5	0	7	S/. 2,100.00
187	2	4	0	1	S/. 3,525.00
188	0	0	0	7	S/. 21,930.00
189	1	8	1	14	S/. 14,000.00
190	1	2	0	4	S/. 550.00
191	1	4	0	4	S/. 150.00
192	0	3	0	4	S/. 4,000.00
193	0	7	0	6	S/. 10,000.00
194	1	2	0	9	S/. 540.00
195	0	6	1	13	S/. 560.00
196	1	0	0	9	S/. 459.00
197	2	6	1	0	S/. 1,506.00
198	1	6	0	0	S/. 670.00
199	1	6	0	0	S/. 820.00
200	3	8	0	0	S/. 120.00
201	0	7	0	7	S/. 4,696.40
202	0	5	0	7	S/. 2,714.00
203	0	4	0	7	S/. 3,451.50
204	0	0	0	7	S/. 19,100.00
205	1	10	0	7	S/. 14,000.00
206	1	7	0	7	S/. 19,500.00
207	0	0	0	7	S/. 19,000.00
208	0	6	0	7	S/. 23,000.00
209	0	10	0	7	S/. 16,000.00

Iteración	Año	Mes	Cliente	Tipo de servicio	Total de la Venta
210	0	0	0	7	S/. 6,000.00
211	0	0	0	7	S/. 10,800.00
212	0	0	0	7	S/. 12,000.00
213	0	2	0	7	S/. 23,000.00
214	0	6	0	7	S/. 29,000.00
215	0	2	0	10	S/. 1,260.00
216	0	2	0	10	S/. 660.00
217	1	8	0	10	S/. 970.00
218	1	6	0	8	S/. 2,000.00
219	0	1	0	8	S/. 2,000.00
220	1	9	0	8	S/. 2,400.00
221	1	7	0	8	S/. 4,800.00
222	2	3	0	7	S/. 3,671.00
223	2	11	0	13	S/. 12,300.00
224	1	3	0	13	S/. 12,300.00
225	1	11	0	13	S/. 13,500.00
226	1	11	0	13	S/. 1,200.00
227	0	1	0	7	S/. 5,450.00
228	1	7	0	6	S/. 9,500.00
229	1	7	1	8	S/. 1,500.00
230	1	7	1	8	S/. 1,125.00
231	1	6	1	11	S/. 25,000.00
232	2	3	0	7	S/. 21,810.00
233	2	2	0	7	S/. 4,705.00
234	2	3	1	13	S/. 555.00
235	3	8	0	7	S/. 10,600.00
236	1	8	0	1	S/. 2,660.00
237	0	0	0	4	S/. 500.00
238	0	1	0	11	S/. 5,450.00
239	1	3	0	7	S/. 11,665.00
240	1	7	0	15	S/. 14,376.00
241	2	5	0	15	S/. 3,002.50
242	0	6	0	15	S/. 3,130.00
243	0	7	0	15	S/. 1,790.00
244	1	11	0	15	S/. 13,776.00
245	0	4	0	15	S/. 1,350.00
246	0	5	0	15	S/. 640.00
247	0	3	0	15	S/. 1,250.00
248	0	0	0	15	S/. 660.00
249	0	4	0	15	S/. 3,700.00
250	0	3	0	15	S/. 3,900.00
251	0	3	1	13	S/. 26,200.00
252	1	7	0	9	S/. 6,500.00

Iteración	Año	Mes	Cliente	Tipo de servicio	Total de la Venta
253	2	4	0	7	S/. 10,942.00
254	2	3	0	7	S/. 2,600.00
255	1	11	0	13	S/. 3,150.00
256	1	5	1	11	S/. 5,400.00
257	2	3	1	11	S/. 7,000.00
258	1	9	1	11	S/. 4,000.00
259	2	11	1	11	S/. 15,500.00
260	3	11	1	11	S/. 4,800.00
261	2	7	0	7	S/. 14,757.00
262	1	4	0	13	S/. 4,500.00
263	2	5	0	7	S/. 12,415.00
264	0	3	0	6	S/. 12,240.00
265	0	0	0	7	S/. 300.00
266	2	10	0	15	S/. 4,050.00
267	1	2	0	7	S/. 12,500.00
268	0	0	0	7	S/. 10,575.00
269	1	7	0	6	S/. 3,000.00
270	2	7	0	7	S/. 14,140.00
271	2	6	0	7	S/. 6,247.00
272	3	8	0	7	S/. 2,265.00
273	2	2	0	7	S/. 8,850.00
274	0	4	0	13	S/. 690.00
275	0	1	0	1	S/. 1,461.00
276	1	11	0	13	S/. 375.00
277	3	7	0	13	S/. 1,104.00
278	3	7	0	7	S/. 12,460.00
279	1	7	0	7	S/. 21,438.00
280	1	7	0	10	S/. 3,250.00
281	0	1	0	10	S/. 4,900.00
282	2	2	0	7	S/. 5,930.00
283	0	1	0	4	S/. 300.00
284	3	11	0	13	S/. 485.00
285	3	10	0	13	S/. 725.00
286	0	1	0	7	S/. 6,500.00
287	0	4	0	7	S/. 6,000.00
288	0	2	0	3	S/. 6,000.00
289	0	1	0	7	S/. 7,500.00
290	0	5	0	7	S/. 7,000.00
291	0	1	0	7	S/. 7,200.00
292	0	1	0	7	S/. 7,000.00
293	0	1	0	7	S/. 7,000.00
294	1	4	0	3	S/. 4,765.00
295	2	3	0	7	S/. 10,820.00

296	1	4	0	4	S/. 1,000.00
297	2	11	0	3	S/. 2,020.00
298	1	0	0	4	S/. 500.00
299	2	4	0	1	S/. 3,104.00
300	3	7	0	13	S/. 610.00
301	2	8	0	13	S/. 891.50
302	2	3	0	7	S/. 2,395.00
303	2	9	0	7	S/. 600.00
304	1	6	0	7	S/. 13,045.00
305	0	0	0	4	S/. 220.00
306	1	5	0	15	S/. 2,470.00
307	1	7	0	13	S/. 1,000.00
308	0	7	0	13	S/. 1,050.00
309	0	0	0	13	S/. 1,150.00
310	0	4	0	3	S/. 13,500.00
311	2	6	0	7	S/. 10,995.00
312	0	11	0	7	S/. 11,000.00
313	1	2	0	7	S/. 10,990.00
314	0	0	0	7	S/. 14,040.00
315	2	2	0	11	S/. 1,425.00
316	1	11	0	10	S/. 1,680.00
317	3	8	0	13	S/. 42.00
318	0	1	0	7	S/. 12,750.00
319	1	7	0	13	S/. 2,400.00
320	0	6	0	10	S/. 1,620.00
321	1	10	0	7	S/. 5,530.00
322	3	9	1	11	S/. 6,060.00
323	1	8	0	3	S/. 15,000.00
324	3	10	0	3	S/. 6,530.00
325	2	3	0	7	S/. 1,009.00
326	2	10	0	7	S/. 2,304.00
327	0	1	0	7	S/. 12,750.00
328	1	6	0	13	S/. 700.00
329	2	11	1	10	S/. 1,650.00
330	1	3	1	10	S/. 4,150.00
331	0	7	0	10	S/. 1,830.00
332	0	3	1	10	S/. 26,200.00
333	2	8	0	13	S/. 900.00
334	0	7	0	7	S/. 8,830.00
335	2	4	0	9	S/. 1,395.00
336	1	11	0	15	S/. 3,440.00
Promedio					S/. 8146.07

Tabla N° 10: Ventas históricas de la empresa.

Fuente: Elaborado por el autor.

ANEXO D: Normalización de las primeras y últimas 18 ventas de la empresa, cuyos datos son de entrada para la red neuronal.

Año	Mes	Cliente	Tipo de Servicio	Total de la Venta
0,3333	0,8182	1,0000	0,0000	0,0119
0,3333	0,2727	0,0000	0,0667	0,0559
0,0000	0,5455	0,0000	0,4667	0,0305
0,3333	0,2727	0,0000	0,0667	0,0339
0,3333	0,7273	0,0000	0,4667	0,3886
0,0000	0,6364	0,0000	0,0667	0,2282
0,0000	0,5455	0,0000	0,1333	0,4102
0,0000	0,8182	0,0000	0,2000	0,4339
0,3333	0,0909	0,0000	0,4667	0,5300
0,0000	1,0000	0,0000	0,8667	0,0468
0,0000	0,6364	1,0000	0,5333	0,1763
0,0000	0,6364	0,0000	0,4667	0,5627
0,0000	1,0000	0,0000	0,4667	0,4225
0,0000	0,5455	1,0000	0,8667	0,7966
0,0000	0,3636	0,0000	0,2000	0,0636
0,0000	0,4545	0,0000	0,4667	0,4489
0,0000	0,0000	0,0000	0,4667	0,4237
0,0000	0,3636	0,0000	0,2000	0,5298
.
.
0,3333	0,6364	0,0000	0,8667	0,0814
0,0000	0,5455	0,0000	0,6667	0,0549
0,3333	0,9091	0,0000	0,4667	0,1875
1,0000	0,8182	1,0000	0,7333	0,2054
0,3333	0,7273	0,0000	0,2000	0,5085
1,0000	0,9091	0,0000	0,2000	0,2214
0,6667	0,2727	0,0000	0,4667	0,0342
0,6667	0,9091	0,0000	0,4667	0,0781
0,0000	0,0909	0,0000	0,4667	0,4322
0,3333	0,5455	0,0000	0,8667	0,0237
0,6667	1,0000	1,0000	0,6667	0,0559
0,3333	0,2727	1,0000	0,6667	0,1407
0,0000	0,6364	0,0000	0,6667	0,0620
0,0000	0,2727	1,0000	0,6667	0,8881
0,6667	0,7273	0,0000	0,8667	0,0305
0,0000	0,6364	0,0000	0,4667	0,2993
0,6667	0,3636	0,0000	0,6000	0,0473
0,3333	1,0000	0,0000	1,0000	0,1166

Tabla N° 11: Ventas normalizadas.

Fuente: Elaborado por el autor.

ANEXO E: Información de las primeras y últimas 18 ventas pronosticadas como resultado de la aplicación de la red neuronal.

Venta pronóstico red neuronal	ERROR	Señal de Rastreo
1850.8829	-1500.8829	-1.59
2110.5441	-460.5441	-0.49
1582.6605	-682.6605	-0.72
1553.0805	-553.0805	-0.59
8982.1914	2482.8086	2.63
6026.4421	706.5579	0.75
14891.6722	-2791.6722	-2.96
13800.8000	-1000.8000	-1.06
14700.0023	934.9977	0.99
1396.6152	-16.6152	-0.02
2730.6564	2469.3436	2.62
15919.1583	680.8417	0.72
12168.7632	296.2368	0.31
23944.2864	-444.2864	-0.47
3042.7655	-1165.7655	-1.24
15337.9244	-2093.9244	-2.22
11452.5043	1047.4957	1.11
14784.1643	843.8357	0.89
.	.	.
.	.	.
2329.0867	70.9133	0.08
3495.6473	-1875.6473	-1.99
8353.9947	-2823.9947	-2.99
6698.6992	-638.6992	-0.68
15390.8960	-390.8960	-0.41
4709.9963	1820.0037	1.93
1478.3614	-469.3614	-0.50
2039.1376	264.8624	0.28
10662.1376	2087.8624	2.21
1863.4174	-1163.4174	-1.23
3072.9041	-1422.9041	-1.51
4493.4960	-343.4960	-0.36
3067.9186	-1237.9186	-1.31
25215.4214	984.5786	1.04
2245.7142	-1345.7142	-1.43
8439.0385	390.9615	0.41
2238.5880	-843.5880	-0.89
3103.5410	336.4590	0.36

Tabla N° 12: Ventas pronosticadas y señal de rastreo.

Fuente: Elaborado por el autor.

ANEXO F: Gráficos para la comparación de las ventas reales con cada resultado de las redes neuronales de acuerdo a su configuración.

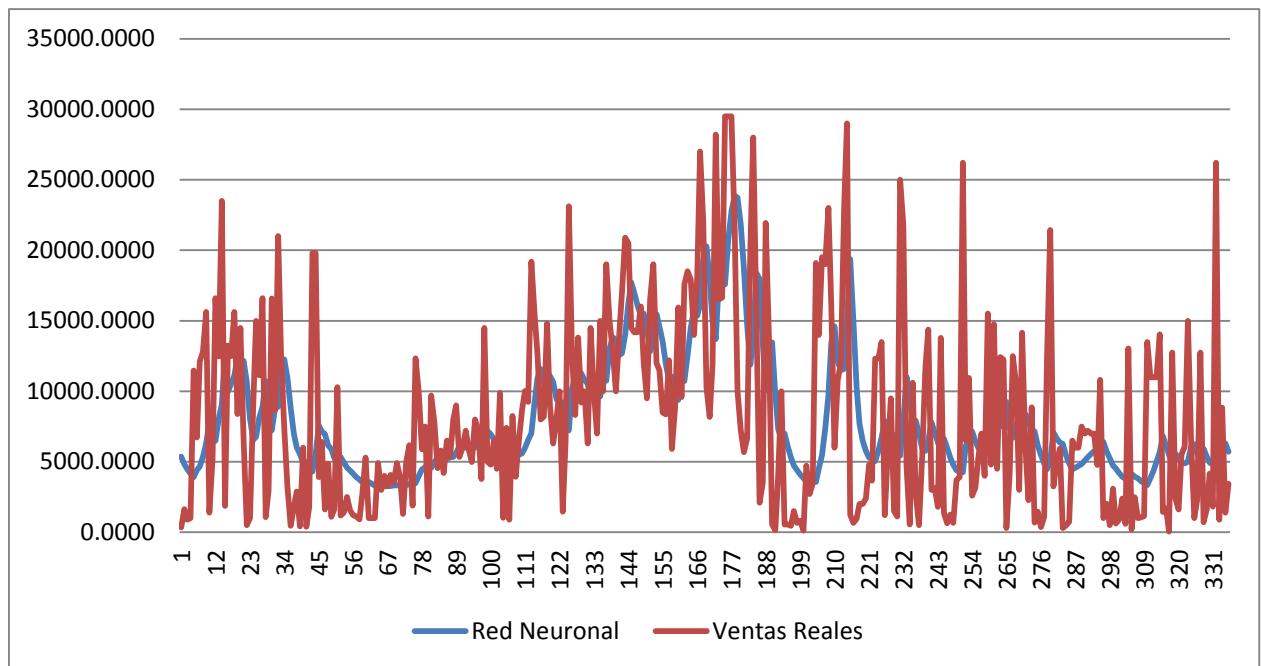


Figura N° 09: Ventas reales VS ventas pronosticadas (error 14%).

Fuente: Elaborado por el autor.

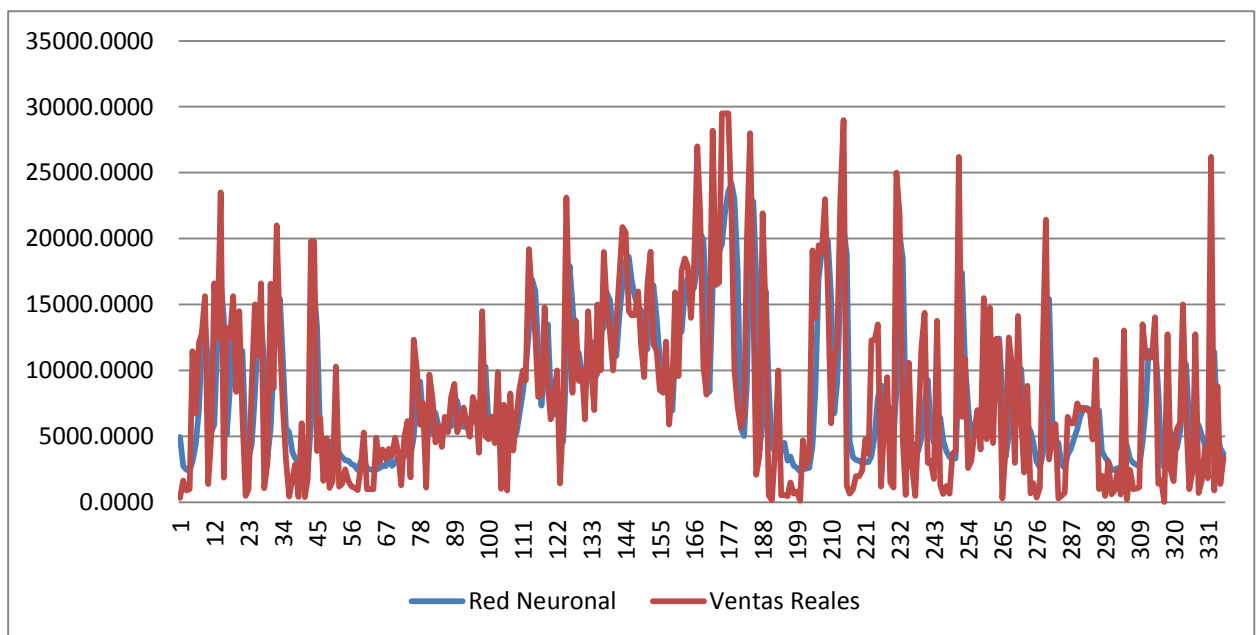


Figura N° 10: Ventas reales VS ventas pronosticadas (error 11%).

Fuente: Elaborado por el autor.